

ET BULLETIN DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

61

1954

PUBLIÉ PAR LA SOCIÉTÉ D'ÉDITION D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
5, Place de la Sorbonne — PARIS 5e
AVEC L'AIDE DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Revue générale des Sciences

pures et appliquées

et Bulletin de l'Association Française

pour l'Avancement des Sciences

Tome LXI *N*os 1-2 1954

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

LES EAUX DE CONDENSATION EN ZONE ARIDE

Dans mon ouvrage sur *L'Erosion du Sol* (1), j'indiquais la nécessité de sources d'eau « occultes » pour expliquer les aspects biologiques de certaines régions semi-arides. Cette eau d'origine occulte se trouve dans l'atmosphère et se condense parfois d'une façon visible sous forme de rosée, et je la dis occulte parce qu'elle échappe trop souvent au contrôle des météorologistes, hydrologues et agronomes. J'ai eu l'occasion d'observer le phénomène en Anatolie centrale et d'en parler au Congrès de la Zone aride, tenu à Ankara, en 1952.

Depuis mon exposé de 1947, j'ai relevé deux documents qui me paraissent de première importance, celui de M. H. Masson, sur l'Afrique occidentale (2) et celui de M. D. Ashbel, sur la Palestine (3).

M. H. Masson admet que pendant les six premiers mois de l'année 1945, il est tombé à Dakar, sous forme de rosée, 3 millions de mètres cubes d'eau, répartis sur environ 100 jours. Une nuit de rosée donne 10.000 mètres cubes sur la presqu'île du Cap Vert (200 kilomètres carrés), sans tenir compte de la végétation. Le total serait 30 mm pour Dakar pour la seule rosée, sur une surface plane.

Dans son étude de 1896 sur le Lac de Genève, Forel avait établi que les condensations nocturnes fournissaient plus d'eau que le montant total des pluies. Le même ordre de grandeur a été admis par

(1) R. Furon. *L'Erosion du Sol.* 1 vol. in-8°, Paris (Payot), 1947.

(2) H. Masson. Condensations atmosphériques non enregistrables au pluviomètre. L'eau de condensation et la végétation. *Bull. Inst. Fr. Afrique Noire*, Dakar, 1948, t. 10, pp. 1-181, 10 fig., 34 graphiques, 3 pl. (Bibliographie.)

(3) D. Ashbel. Frequence and distribution of Dew in Palestine. *Geogr. Rev.*, 1949, pp. 291-297.

l'Observatoire de Bordeaux-Floirac et en Angleterre, E.-A. MARTIN attribue à la rosée la possibilité de mares naturelles au sommet des collines du Surrey et du Sussex.

De son côté, M. D. ASHBEL a apporté des chiffres concernant la rosée à Jérusalem et 250 dans le Negeb.

Il existe de nombreux appareils de mesure indiquant le volume d'eau (de rosée) déposé sur une plaque de 10 décimètres carrés par exemple. Or, dans la Nature, il n'y a guère de surfaces planes. Pour déterminer la quantité réelle de rosée, il faut tenir compte de l'existence des végétaux et de leurs feuilles, qui multiplient les surfaces, ainsi que l'a exprimé la Station d'Agriculture expérimentale de Munich.

Dans la pratique, un plant de pommes de terre reçoit sept fois plus de rosée que la surface de terrain qu'il occupe, un pied de betterave à sucre : six fois et du trêfle deux fois et demi seulement.

Autrement dit, une bonne nuit de rosée donnant 0 millimètre 5 sur une surface plane, fournit en réalité 2 millimètres et même 3 sur des champs cultivés.

Il en résulte que le « désert » du Negeb, qui ne reçoit officiellement que 150 millimètres d'eau de pluie par an, reçoit en plus et hors contrôle, 50 millimètres de rosée, répartis sur les douze mois de l'année, nombre de millimètres *à multiplier par* 2 *ou* 5, *ou* 7, selon les cultures. On s'explique ainsi la fertilité de régions classées un peu arbitrairement « semi-arides », d'après un nombre de millimètres de pluie qui ne représente qu'une partie de l'eau reçue réellement. Tous les calculs statistiques sont entachés d'une erreur grave s'ils ne tiennent pas compte de la rosée et des autres condensations non enregistrables au pluviomètre.

Il en existe d'autres en effet, mais la condensation de l'humidité atmosphérique adsorbée par le sol est quotidienne. Elle est d'autant plus évidente qu'elle est à la base du principe des puits aériens du type de ceux de Théodosia en Crimée. Des pyramides de blocs de calcaire poreux recueillaient assez d'eau pour obtenir environ 20.000 mètres cubes quotidiens, distribués en ville par des canalisations qui ont été retrouvées.

Des essais de reconstitution ont été faits, souvent sans succès, parce que les expérimentateurs avaient négligé la condition essentielle du calcaire poreux. Cependant, l'Institut de Physique et de Climatologie de Montpellier entreprit un essai dans de bonnes conditions et obtint 2 mètres cubes 500 dans une seule nuit favorable.

Il semble que les anciennes populations de Mauritanie aient utilisé le même procédé, avant l'occupation européenne.

Dans l'ensemble, les études récentes démontrent donc que le pluviomètre ne recueille qu'une partie des eaux alimentant les végétaux et que cette eau doit être mesurée soigneusement, et même parfois récupérée pour la consommation des hommes et du bétail.

Raymond FURON.

M. ENRIQUE R. FREYMANN

Dans le dernier fascicule de 1953 (t. LX, n°s 11-12) un coup d'œil donné p. 324-25 aux publications dites de l'Université de Nancago avait été suivi d'une discrète allusion au caractère enjoué de M. R. Freymann, l'accueillant directeur des Editions Hermann. Au moment où se tirait la Revue, une courte maladie est venue l'enlever à l'affection des siens et de ses amis.

Il est juste de rendre hommage à ce pionnier de l'édition scientifique auquel les savants étrangers tenaient à faire visite. Il portait aux œuvres un intérêt direct, et toujours informé, en appréciait la valeur intrinsèque. Bien souvent, il a publié avec un réel désintéressement, mêlé de ferveur. Son pays d'origine, le Mexique, l'avait choisi comme attaché culturel de son ambassade à Paris. Sa disparition laisse un grand vide.

G. BOULIGAND.

CONGRÈS SCIENTIFIQUES

Les *Journées biochimiques italo-franco-helvétiques* se tiendront à Naples les 21, 22, 23 et 24 avril et comprendront deux symposiums sur la Biochimie des pigments respiratoires et sur le Métabolisme des amino-acides.

Pour tous renseignements, s'adresser au Professeur J.-E. Courtois, secrétaire de la section française, 4, avenue de l'Observatoire, Paris (6e).

Le *Xe Congrès international des industries agricoles et alimentaires* se réunira à Madrid du 30 mai au 6 juin 1954. Le programme détaillé est paru. S'adresser à la Commission internationale des industries agricoles, 18, avenue de Villars, Paris (7e).

Les *Journées Ondoto-stomatologiques de Bruxelles* auront lieu du 11 au 15 juin. Renseignements : Maison des Dentistes, 166, chaussée d'Etterbeek, Bruxelles 4.

Le *Congrès de l'Aluminium* se tiendra à Paris du 14 au 19 juin pour commémorer le Centenaire de la Fabrication industrielle de l'aluminium par Henri Sainte-Claire Deville. Secrétariat : Société Chimique de France, 11, rue Pierre-Curie, Paris (5e).

Le *VIIIe Congrès international de Botanique* se tiendra à Paris du 2 au 14 juillet 1954 et sera suivi d'un Post-Congrès, à Nice, du 22 au 26 juillet. Deux brochures contenant les renseignements ont été publiées et peuvent être demandées au Professeur P. Chouard, secrétaire général, C. N. A. M., 292, rue Saint-Martin, Paris (3e).

Pour le *IIIe Congrès International de Cristallographie* (Paris, 21-28 juillet) Cf. notre n° 9/10, p. 264.

Le *Congrès International des Mathématiciens* aura lieu à Amsterdam (Secrétariat : 2e Boerhaavestraat 49), du 2 au 19 septembre 1954. Il sera suivi (10 et 11 septembre) des journées commémoratives d'Henri Poincaré. De plus, un colloque Henri Poincaré se tiendra, 11, rue Pierre-Curie, à Paris (5e), du 17 au 31 octobre 1954.

Le *Congrès International de Chronométrie* se tiendra à Paris, du 1er au 5 octobre 1954, s'annoncer auprès de M. l'Ingénieur général Libessart, Secrétaire scientifique, 27, avenue Matignon, Paris (8e).

Enfin, le *Congrès de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences* se tiendra, cette année, à Poitiers, du 16 au 22 juillet. (Voir partie administrative.)

La section « **Histoire et Philosophie des Sciences** », en laissant le libre choix des sujets présentés, portera cependant un intérêt spécial à des **exposés de principe**, pouvant comporter un historique, sur la mise en connexion (plutôt récente si possible) de disciplines naguère indépendantes. Sans prétendre anticiper citons ces exemples : jonction de l'électricité et de l'hydrodynamique ayant suscité le **calcul analogique** ; astrophysique et ondes hertziennes. Président de la section : Professeur G. Bouligand.

NOTE DE LA RÉDACTION

A la demande de l'UNESCO, et pour faciliter l'application des normes et décisions prises lors des Congrès internationaux de documentation, un COMITE NATIONAL DE DOCUMENTATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE a été créé et a décidé que l'abréviation du titre de notre publication serait :

Rev. gén. Sci. pures appl.

Nous prions donc nos auteurs de bien vouloir l'utiliser dorénavant dans leurs bibliographies.

Sur l'histoire des fractions continues

par Jean ITARD

Professeur de Mathématiques supérieures au Lycée Henri IV

Si les fractions continues ont disparu des programmes d'admission aux grandes Ecoles, elles restent un outil essentiel de l'Analyse numérique. M. Jean Itard, professeur de mathématiques supérieures au Lycée Henri IV, montre comment, par étapes, elles sont apparues ; et cela en précisant les sources avec autorité. Pour alléger l'exposé, la notation familière :

$$\cfrac{b_1}{a_1 + \cfrac{b_2}{a_2 + \dots}}$$

a été remplacée par la suivante :

$$\begin{pmatrix} b_1, & b_2, \dots \\ a_1, & a_2, \dots \end{pmatrix}$$

La Rédaction.

Les fractions continues.

Considérons *la fraction continue* $F = \begin{pmatrix} b_1, & b_2, & b_3, \dots \\ a_1, & a_2, & a_3, \dots \end{pmatrix}$ dans laquelle les b et les a sont des entiers, positifs ou négatifs, la suite des fractions $\frac{b}{a}$ pouvant être limitée ou illimitée. Bien qu'abrégée, la notation fait retrouver la marche des calculs à effectuer. Soit par exemple la fraction continue limitée :

$$A = \begin{pmatrix} 1, & 2, & 3 \\ 2, & 3, & 4 \end{pmatrix}$$

On pourra calculer :

$$3 + \frac{3}{4} = \frac{15}{4},\ 2 : \frac{15}{4} = \frac{8}{15},\ 2 + \frac{8}{15} = \frac{38}{15},$$

$$A = 1 : \frac{38}{15} = \frac{15}{38}$$

Soit d'autre part, la fraction continue illimitée :

$$B = \begin{pmatrix} 2, & 2, & 2, \dots \\ 1, & 1, & 1, \dots \end{pmatrix}$$

On calculera successivement :

$$\frac{2}{1} = 2, \frac{2}{1+2} = \frac{2}{3}, 1 + \frac{2}{3} = \frac{5}{3}, 2 : \frac{5}{3} = \frac{6}{5},$$

et l'on formulera ainsi la suite des fractions :

$$\frac{2}{1}, \frac{2}{3}, \frac{6}{5}, \frac{10}{11}, \ldots \frac{4\,n+2}{4\,n+1}, \frac{4\,n+2}{4\,n+3}$$

obtenues en gardant dans la fraction continue un nombre de termes *b*/*a* égal successivement à 1, 2, 3, 4, n + 1, n + 2.

Ces fractions, dites les *réduites* de la fraction continue, convergent ici manifestement vers 1. Cette limite, lorsqu'elle existe, est dite la valeur de la fraction continue.

On démontre que si la *réduite* de rang *n*-2 est N/D celle de rang *n*-1 étant N'/D', la *réduite* de rang *n* est :

$$\frac{Nb_n + N'a_n.}{Db_n + D'a_n.}$$

Le cas le plus important est celui où tous les *b* sont égaux à l'unité, tous les *a* étant positifs. C'est à ce cas particulier qu'est réservée plus spécialement l'expression de *fraction continue*. Nous dirons cependant parfois : *fraction continue de quantièmes*. Lorsque l'on parle du cas général on précise en disant *fraction continue généralisée*.

Toutes les fractions continues générales où $|b| < |a|$ convergent vers une limite. En particulier les fractions continues de quantièmes. Pour ces dernières, les réduites étant alternativement supérieures puis inférieures à leur limite commune, la différence entre deux réduites successives N/D et N'/D' est en valeur absolue $\frac{1}{DD'}$.

On démontre que cette propriété est une condition nécessaire et suffisante pour que les deux fractions N/D et N'/D' soient plus simples que toute fraction dont la valeur est comprise entre les leurs. Il en résulte que la suite des réduites d'une fraction continue de quantièmes donne les valeurs approchées successives les plus simples de sa limite. Ainsi le nombre $\frac{\sqrt{5}-1}{2}$, qui exprime *la section d'or*, est la limite de la fraction continue pour laquelle tous les *a* et *b* sont égaux à 1.

Ses réduites successives sont :

$$\frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{5}, \frac{5}{8} \text{ etc...}$$

La suite des numérateurs, ou celle des dénominateurs, qui est ici la même, porte le nom de *suite de Fibonacci*.

L. Fibonacci (ou Leonardo Pisano), l'utilise en effet dans son *Liber Abbaci*, de 1202.

Les réduites précédentes, sont, comme écrivait Albert Girard en 1625 « plus aptes et plus idoines » que tous autres nombres à exprimer simplement des valeurs approchées de la section d'or,

« tellement que 13, 13, 21 constituent assez précisément un triangle Isoceles ayant l'angle du pentagone ».

Lorsque la fraction continue $\begin{pmatrix} b_1 \; b_2 \; b_3 \ldots \\ a_1 \; a_2 \; a_3 \ldots \end{pmatrix}$ a une limite, désignons celle-ci par y/x.

La fraction continue $\begin{pmatrix} b_2 \; b_3 \ldots \\ 1_2 \; a_3 \ldots \end{pmatrix}$ obtenue en négligeant le premier terme aura aussi une limite que nous désignerons par z/y. Nous pourrons alors écrire :

$$\frac{y}{x} = \frac{b_1}{a_1 + (z/y)} \text{ ou } b_1 x = a_1 y + z.$$

On obtient alors une suite de grandeurs x, y, z, t... telles que :

$$b_1 x = a_1 y + z$$
$$b_2 y = a_2 z + t.....$$

Les *a* et les *b* étant entiers, les grandeurs successives x, y, z, t sont toutes des sommes ou des différences de multiples des deux premières. En particulier si *x* et *y* sont commensurables, toutes les grandeurs de la suite sont commensurables à la première. Lorsque les *b* sont en valeur absolue inférieurs aux *a*, on peut montrer que les x, y, z, ne cessent de décroître en valeur absolue. Cela a lieu en particulier lorsque les b sont égaux à 1.

Conclusion : pour que la limite de la fraction continue soit alors un nombre rationnel, il faut et il suffit que la suite des b/a s'arrête.

Disons enfin pour terminer que tout nombre rationnel ou irrationnel admet un développement en fraction continue de quantièmes et un seul.

Nous nous proposons dans cet article de donner un aperçu de l'histoire des fractions continues, en explicitant les diverses sources.

Extraction des racines carrées.

Depuis environ l'an — 2000 les mathématiciens de Babylone employaient une numération savante de position, de base 60, et qui s'étendait dans les deux sens.

La numération écrite grecque, de — 500 environ jusque vers 1200, était à base 10, sans être exactement de position. Très maniable cependant, elle manquait toutefois de prolongement systématique au-dessous de l'unité. Elle utilisait pour l'usage courant le calcul par quantièmes (ou fractions de numérateur 1) des égyptiens. Pour les calculs théoriques exacts elle usait depuis — 300 au moins des frac-

tions ordinaires. Pour les calculs astronomiques, elle empruntait depuis — 200 environ les fractions sexagésimales aux Babyloniens.

Les Indous à partir de 600 approximativement, puis les Arabes vers 700, adoptent la numération de position à base 10, mais sans la prolonger au-dessous de l'unité. Il faut attendre la fin du XVIe siècle pour qu'avec STEVIN la numération décimale s'étende aux fractions et retrouve, améliorée d'ailleurs, la généralité et la souplesse de la numération babylonienne.

C'est ce qu'il faut retenir pour comprendre l'évolution des divers algorithmes.

Les Babyloniens donnent pour les racines carrées les approximations suivantes :

$\sqrt{2} \simeq 1 ; 25$ ou mieux $1 ; 24, 51, 10$, que l'on retrouve au début de l'ère chrétienne chez Ptolémée,

$\sqrt{3} \simeq 1 ; 45$. Ptolémée donne $\sqrt{3} \simeq 1 ; 43, 55, 23$.

Dans les Sulva-Sûtras indous (entre le Ve et le IIIe siècles avant J.-C.), on trouve :

$$\sqrt{2} \simeq 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{12} - \frac{1}{12 \times 34}$$

ARCHIMÈDE, dans son célèbre calcul de π (vers — 250) utilise l'encadrement :

$$\frac{265}{113} < \sqrt{3} < \frac{1351}{780}$$

Le premier document où la technique de ces calculs est explicitée est un passage des *Métriques* de HÉRON d'Alexandrie (début de l'ère chrétienne).

Soit à extraire la racine carrée de 720. « Comme, écrit-il, 720 n'a pas son côté rationnel, nous pouvons obtenir son côté avec une très petite différence comme il suit. Le carré immédiatement supérieur est 729 qui a 27 pour côté. Divisons 720 par 27. Cela donne $26 \frac{2}{3}$. Ajoutons 27 faisant $53 \frac{2}{3}$ dont nous prenons la moitié ou $26 \frac{1}{2} . \frac{1}{3}$. Le côté de 720 est donc très approximativement $26 \frac{1}{2} \frac{1}{3}$. En effet, si nous multiplions $26 \frac{1}{2} \frac{1}{3}$ par lui-même, le produit est $720 \frac{1}{36}$, si bien que la différence est $\frac{1}{36}$.

« Si nous voulons avoir une différence encore plus petite que $\frac{1}{36}$, nous prendrons $720 \frac{1}{36}$ au lieu de 729, et en procédant de même nous trouverons que la différence est beaucoup plus petite que $\frac{1}{36}$. »

En somme, si a_1 est une valeur approchée de $\sqrt{A}$, la méthode, certainement très ancienne mais que nous appellerons *méthode de Héron*,

consiste à prendre la seconde approximation $a_2 = \frac{1}{2}\left(a_1 + \frac{A}{a^1}\right)$ puis une troisième déduite de a_2 par le même procédé, qui peut, bien que HÉRON ne le dise pas expressément, se prolonger à l'infini. On peut observer qu'il y a là un prototype de la méthode d'approximation de NEWTON.

On trouve une méthode différente dans la littérature arabe. ALKARCHI (1029) prend pour racine approchée de $A = a^2 + r$, la valeur $a + \frac{r}{2a+1}$. Si la méthode de HÉRON est l'ancêtre de l'approximation de NEWTON, celle d'ALKARCHI est l'interpolation linéaire pratiquée des Babyloniens à nos jours. Alors que la première donne une approximation par excès, la seconde donne une approximation par défaut, aussi VIÈTE recommandera-t-il de prendre la moyenne des deux résultats.

Du XIIe au XVe siècles, ces deux règles sont utilisées dans tout le monde mathématique et se retrouvent chez les Arabes, les Byzantins, les Latins.

C'est dans un écrit du moine Calabrais de culture byzantine BARLAAM qu'en 1340 on trouve explicité pour la première fois le *prolongement illimité* de la méthode de HÉRON. Cette remarque est aux XVe et XVIe siècles un lieu commun mathématique. CLAVIUS, à la fin du XVIe siècle, prolonge de même indéfiniment l'approximation d'ALKARCHI.

Nicolas CHUQUET, dans son Triparty de 1484, donne une règle d'approximation, trop lente, mais qui préfigure les fractions continues. Pour extraire la racine de 6, il partira des valeurs entières 2 et 3 dont la moyenne est $2\,\frac{1}{2}$, valeur trop forte. Il essaye le quantième immédiatement inférieur. $2\,\frac{1}{3}$ est une valeur trop faible. (Il vérifie chaque fois en calculant le carré.) Il prend le « nombre moyen » :

$$\frac{1+1}{2+3} = \frac{2}{5}$$

$2\,\frac{2}{5}$ est trop faible. Il prend le nombre moyen entre $\frac{2}{5}$ et $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{7}$, valeur encore trop faible. Après 9 nouvelles intercalations il s'arrête à :

$$2\,\frac{89}{198}$$

Avec BOMBELLI, nous voyons apparaître en 1572 un autre procédé, plus lent que celui de HÉRON, beaucoup plus rapide que celui de CHUQUET, et surtout remarquable en ce qu'il est une des premières manifestations des fractions continues.

Soit à extraire la racine approchée de 13. Le carré le plus voisin est 9, de côté 3. BOMBELLI pose pour racine approchée de 13, $3 + x$, dont il égale le carré à 13.

Il vient : $6x + x^2 = 4$.

Beaucoup, dit-il, ont négligé le x^2, d'où $x = \frac{2}{3}$ et ont pris l'approximation $3\frac{2}{3}$. Mais puisque $x = \frac{2}{3}$, $x^2 = x \times x = \frac{2}{3}x$, d'où la relation :

$$x\left(6 + \frac{2}{3}\right) = 4 \text{ et } x = \frac{3}{5}$$

Ce qui donne la nouvelle approximation ;

$$3\ \frac{3}{5}$$

Mais puisque

$$x = \frac{3}{5},\ 4 = 6x + x^2 = x(6 + x) = x\left(6 + \frac{3}{5}\right) \text{ et } x = \frac{20}{33}$$

ce qui peut se continuer indéfiniment.

Si à chaque stade, on n'effectuait pas les quotients, on verrait apparaître une suite ramenant à la *fraction continue généralisée, périodique* :

$$\begin{pmatrix} 4 & 4 & 4\ldots \\ 6 & 6 & 6\ldots \end{pmatrix}$$

Ce nouveau pas sera franchi à Bologne, en 1613, par CATALDI. Il écrit par exemple :

$$\text{De 18 la R est } 4\ .\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{2}{8}$$

$$\text{c'est-à-dire } 4\ .\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{1}{4}$$

$$\text{qui est } 4\ .\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{8}{33}$$

$$\text{ou } 4\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{1}{4\ \frac{4}{33}} \quad \text{soit } 4\ \frac{2}{8}\ .\ \frac{33}{136}$$

$$\text{ou } 4 \text{ et } \frac{272}{1121}$$

Lorsque l'on compare les méthodes de HÉRON et de BOMBELLI on constate que toutes les approximations de la première méthode se retrouvent plus lentement dans la seconde, la *p*ième de HÉRON étant la 2^p ième de BOMBELLI.

Ajoutons qu'au XVIe siècle un cinquième procédé, qui remonte au XIIe siècle au moins, est souvent utilisé. Il préfigure l'utilisation des nombres décimaux. Jean TRENCHANT, par exemple, en 1557, pour extraire la racine de 5.247 calcule à une unité près celle de 52.470.000 et trouve 7.243.

« J'ay donc divisé 7.243 par 100, est venu 72 $\frac{43}{100}$ par la racine de 5.247 assez précise. »

En résumé, au seuil du XVIIe siècle, le calcul approché des racines carrées a, d'une part, habitué les mathématiciens, depuis trois siècles, aux approximations illimitées, et, d'autre part, et d'une façon plus précise, les a conduits à envisager sous un premier aspect les fractions continues.

L'Algorithme d'Eucide.

Nous allons maintenant revenir à la période Alexandrine (IIIe siècle avant J.-C.) pour examiner un aspect plus théorique des conceptions que nous étudions.

On lit dans EUCLIDE, livre 7, prop. 1 :

« Deux nombres inégaux étant proposés, le plus petit étant toujours retranché du plus grand, si le reste ne mesure celui qui est avant lui que lorsque l'on a pris l'unité, les nombres proposés seront premiers entre eux. »

Cette proposition est la première apparition du célèbre algorithme d'EUCLIDE. Cet algorithme intervient encore dans la proposition suivante :

« Deux nombres non premiers entr'eux étant donnés, trouver leur plus grande commune mesure. »

Au début du livre 10 nous trouvons d'abord une proposition qui est le plus ancien critère de convergence de suites infinies :

Prop. 1. « Deux grandeurs inégales étant proposées, si l'on retranche de la plus grande une partie plus grande que sa moitié, si l'on retranche du reste une partie plus grande que sa moitié, et si l'on fait toujours la même chose, il restera une certaine grandeur qui sera plus petite que la plus petite des grandeurs proposées. »

L'algorithme reparaît à la deuxième proposition, où *il est illimité* :

« Deux grandeurs inégales étant proposées, et si la plus petite étant retranchée de la plus grande, le reste ne mesure jamais le reste précédent ; ces grandeurs seront incommensurables. »

Le raisonnement se résume ainsi. Soient A et B les deux grandeurs $A > B$. Supposons qu'elles aient la commune mesure E. Retranchons B de A successivement jusqu'à ce que le reste C soit inférieur à B. Retranchons alors de même C de B et continuons, par hypothèse indéfiniment. Nous arriverons à un reste D inférieur à E d'après la proposition précédente. Mais cela est absurde car E mesurant A et B mesure C, puis D.

Il n'y a, dans les Eléments d'EUCLIDE, aucune application concrète de cette remarque ; mais on trouve dans leur commentateur latin CAMPANO de Novarre, qui, au XIIIe siècle, suit la tradition arabe, après la proposition 16 du livre 9, la remarque suivante :

« Il est impossible de diviser un nombre de telle sorte que le produit du tout et d'une de ses parties, soit égal au carré de l'autre. »

Le raisonnement de CAMPANO revient à ceci : Si les nombres entiers a, b, et c étaient tels que $a = b + c$ et que $b^2 = a\,c$, on aurait :

$$\frac{a}{b} = \frac{b}{c} = \frac{a - b}{b - c} = \frac{c}{b - c}$$

En posant $b - c = d$ on aurait encore : $b = c + d$ et $b^2 = d\,c$, d'où l'on tirerait une *suite illimitée* décroissante d'entiers jouissant de la même propriété, ce qui est absurde.

On reconnaît là un exemple de la descente infinie, type de démonstration par l'absurde dont FERMAT saura tirer plus tard un parti considérable.

Au XVIIIe siècle, c'est par des raisonnements de ce type sur les fractions continues que LAMBERT, en 1761, démontrera l'irrationnalité de π, puis LEGENDRE, celle de π^2.

La simplification des rapports de grands nombres.

Nous n'avons pas de témoignages positifs d'une théorie des fractions continues chez les Grecs. Nous possédons toutefois quelques résultats numériques qui peuvent donner à réfléchir.

L'astronome ARISTARQUE de Samos, contemporain d'EUCLIDE, a besoin d'utiliser dans un calcul les rapports de 71.755.875 à 61.735.500 et de 7.921 à 4.050. Il les remplace, sans explication, par les approximations $\frac{43}{37}$ et $\frac{88}{45}$, qu'il affirme être par défaut.

ARCHIMÈDE, dans son calcul de π, remplace le rapport de $284\frac{1}{4}$ à $2.017\frac{1}{4}$ par celui un peu plus faible de 10 à 71.

On sent, derrière ces exemples, une méthode courante des calculateurs Alexandrins, fort probablement celle qu'expose en ces termes Joseph SAUVEUR à la fin du XVIIe siècle :

« Il faut chercher les plus petits nombres qui expriment le rapport approché de ces deux nombres ce qui sera en cherchant les plus grands communs diviseurs par les divisions mutuelles et en négligeant les restes. »

Dans le premier rapport d'ARISTARQUE, par exemple, appelons A le grand nombre, B le petit. Nous aurons : A = B + C avec C = 10 020 375 ; B = 6 C + D,

avec D = 1 613 250 ; C = 6 D + E.

Négligeons E. Alors C = 6 D ; B = 6 C + D = 37 D ; A = B + C = 43 D et $A/B \simeq 43/37$.

Comme autre exemple de cette simplification « mécanique », il sera peut-être intéressant de rappeler ici l'histoire du rapport dit « de Métius »

$$\pi \simeq \frac{355}{113}.$$

Les Egyptiens, lorsqu'ils calculaient l'aire d'un cercle, effectuaient des opérations revenant à :

$$S = \left(\frac{8}{9}\right)^2 D^2, \text{ d'où } \pi = \frac{256}{81} \simeq 3\frac{1}{6}$$

On a trouvé depuis peu des documents montrant que les Babyloniens adoptaient plutôt la valeur $3\frac{1}{8}$. ARCHIMÈDE établit en toute rigueur que le rapport π est compris entre $3\frac{10}{71}$ et $3\frac{1}{7}$. Lorsque PTOLÉMÉE prend la valeur sexagésimale 3 ; 8, 30, il la justifie simplement en remarquant :

« que ce rapport est, à très peu près, du milieu du triple joint à un septième, et du triple joint à dix soixante-onzièmes, dont Archimède s'est servi pour plus de simplicité. »

Si les Arabes avaient pu arriver jusqu'à l'excellente approximation $3 + \frac{10}{70;\ 38,\ 14,\ 29,}$ d'ailleurs peu pratique, on peut dire qu'en Occident, jusqu'à la fin du XVIe siècle, les approximations d'ARCHIMÈDE n'avaient pas été dépassées.

Parmi les Quadrateurs utopiques, un ingénieur originaire de Dole et qui servait aux Pays-Bas, Simon du CHENE ou van der EYCK ou a QUERCU, dédia son ouvrage au Prince d'Orange. Le Prince le soumit à l'examen d'Adriaan ANTHONITZ, autre ingénieur originaire de Metz, dont les fils, devenus célèbres tous deux, prirent le surnom de MÉTIUS. Adriaan ANTHONITZ proposa à Ludolph a CEULEN de serrer π, pour contrôle, de plus près que n'avait fait ARCHIMÈDE. Ce fut l'origine des célèbres calculs de LUDOLPH qui, à la fin de sa vie, devait arriver à obtenir 34 décimales exactes. En 1586 toutefois il n'avait obtenu que l'encadrement suivant :

$$\frac{3\,141\,557\,587}{1\,000\,000\,000} < \pi < \frac{3\,141\,662\,746}{1\,000\,000\,000}$$

Le fait remarquable en ce qui nous intéresse ici est qu'Adriaan ANTHONITZ en déduisit immédiatement le nouvel encadrement :

$$3\frac{15}{106} < \pi < 3\frac{17}{120}$$

d'où il tira, par la règle des nombres moyens de Chuquet l'approximation :

$$3\ \frac{16}{113} \quad \text{ou} \quad \frac{355}{113}$$

On remarquera que la borne inférieure de son encadrement est une réduite par défaut du développement en fraction continue de la borne inférieure de Ludolph. Sa borne supérieure, identique à l'approximation de Ptolémée, est une réduite par excès de la borne supérieure de Ludolph. Son approximation est, par un hasard heureux, une des meilleures réduites du développement de π.

En 1586, Adriaan Anthonitz savait donc simplifier par approximation les rapports de grands nombres. Mais le premier auteur qui devait divulguer la méthode aux profanes fut Schwenter, dans sa *Geometriae practicae*, parue à Nuremberg en 1627. Sans explications théoriques il donne pour simplifier le rapport $\frac{117}{233}$ le tableau ci-contre. Il en indique la formation et il conclut en déclarant que l'on pourra prendre pour valeurs approchées, soit $\frac{79}{104}$, soit $\frac{19}{25}$, soit $\frac{3}{4}$.

233		1	1 0
177	1	0	1
56	3	1	1
9	6	3	4
2	4	19	25
1	2	79	104
0	0	177	233

La résolution des Equations indéterminées du premier ordre.

Bachet de Méziriac, un des premiers membres de l'Académie française, dans ses *Problèmes Plaisans et délectables qui se font par les nombres*, qui eurent deux éditions en 1612 et en 1624, est le premier qui, en Occident, ait résolu dans leur généralité, de pareilles équations.

Ce sont des équations de la forme $ax + by = c$, où tant les données a, b, c que les inconnues x et y sont des entiers, d'ailleurs de signe quelconque.

La Méthode de résolution de Bachet utilise l'algorithme d'Euclide. Euler l'emploiera ultérieurement dans son algèbre, à l'édition française (1774) de laquelle nous empruntons l'exemple suivant.

« Quelqu'un achète des chevaux et des bœufs ; il paie 31 écus par cheval, et 20 écus pour chaque bœuf, et il se trouve que les bœufs lui ont coûté 7 écus de plus que ne lui ont coûté les chevaux : combien cet homme a-t-il acheté de bœufs et de chevaux ?

« Supposons que p soit le nombre des bœufs et q celui des chevaux, il faudra que

$$20\,p = 31\,q + 7 \text{ et } p = \frac{31q + 7}{20} = q + \frac{11q + 7}{20} = q + r\,;$$

de cette manière nous avons :

$$20\,r = 11\,q + 7 \text{ et } q = \frac{20\,r - 7}{11} = r + \frac{9\,r - 7}{11} = r + s\,;$$

$$\text{ainsi } 11\,s = 9\,r - 7, \text{ et } r = \frac{11\,s + 7}{9} = s + \frac{2\,s + 7}{9} = s + t,$$

$$\text{c'est-à-dire que } 9\,t = 2\,s + 7 \text{ et } s = \frac{9\,t - 7}{2} = 4\,t + \frac{t - 7}{2} = 4\,t + u,$$

moyennant quoi $2\,u = t - 7$ et $t = 2\,u + 7$.
Par conséquent $s = 4\,t + u = 9\,u + 28$,
$r = s + t = 11\,u + 35$,
$q = r + s = 20\,u + 63$, nombre de chevaux,
$p = q + r = 31\,u + 98$, nombre de bœufs.

« Donc les plus petites valeurs positives de p et de q se trouvent en faisant $u = -3$; celles qui sont plus grandes se suivent en progression arithmétique de la manière qu'on va voir :

Nombre des bœufs : p = 5, 36, 67, 98, 129, 160, 191...
Nombre des chevaux : q = 3, 23, 63, 83, 103, 123, 163...

Les fractions continues dans les mathématiques modernes.

Avec le milieu du XVIIe siècle commence la grande époque des fractions continues, qui se prolongea jusqu'au milieu du XIXe siècle.

En 1656, dans son *Arithmetica infini torum*, le mathématicien anglais WALLIS donne sa célèbre évaluation de π, qu'il écrit, en notant $\Box$ ce que nous notons $\dfrac{4}{\pi}$:

$$\Box \left\{ \begin{array}{l} \text{minor quam } \dfrac{3 \times 3 \times 5 \times 5 \times 7 \times 7 \times 9 \times 9 \times 11 \times 11 \times 13 \times 13}{2 \times 4 \times 4 \times 6 \times 6 + 8 \times 8 \times 10 \times 10 \times 12 \times 12 \times 14} \times \sqrt{1 \dfrac{1}{13}} \\ \text{major quam } \dfrac{3 \times 3 \times 5 \times 5 \times 7 \times 7 \times 9 \times 9 \times 11 \times 11 \times 13 \times 13}{2 \times 4 \times 4 \times 6 \times 6 \times 8 \times 8 \times 10 \times 10 \times 12 \times 12 \times 14} \times \sqrt{1 \dfrac{1}{14}} \end{array} \right.$$

Il déclare ensuite que Lord BROUNCKER a trouvé l'autre évaluation :

$$\Box = 1 + \begin{pmatrix} 1, & 9, & 25, & 49,\ldots \\ 2, & 2, & 2, & 2,\ldots \end{pmatrix}$$

et, plus précisément, que $\Box$ est supérieur à :

$$1,\ 1 + \begin{pmatrix} 1, & 9 \\ 2, & 5 \end{pmatrix}\ 1 + \begin{pmatrix} 1, & 9, & 25, & 49 \\ 2, & 2, & 2, & 9 \end{pmatrix}, \text{ etc..;}$$

$$\text{inférieur à } 1 + \frac{1}{3},\ 1 + \begin{pmatrix} 1, & 9, & 25 \\ 2, & 2, & 7 \end{pmatrix}. \text{ etc...}$$

Sans donner les démonstrations de Wallis relatives à son évaluation ou, d'après son auteur, à celle de Lord Brouncker, notons qu'au sujet de cette dernière il établit une théorie des fractions continues générales qui, convergence mise à part, contient l'essentiel.

Sur ces entrefaites, en février 1657, Fermat propose aux mathématiciens anglais, sous forme de défi, la résolution des équations (dites à tort, depuis, de Pell).

$A\ x^2 + 1 = y^2$, où A, x et y sont des entiers positifs, A donné, n'étant pas un carré.

Wallis donne une méthode de résolution qu'il applique en particulier à $13\ x^2 + 1 = y^2$. Euler reprendra la même méthode, avec le même exemple, dans son Algèbre. La méthode, dit Wallis, est

« tout de même ainsi que, dans la réduction des fractions à leur plus simple expression, c'est-à-dire dans la recherche du plus grand commun diviseur, suivant la proposition VII, 2 des Eléments d'Euclide, en divisant successivement les diviseurs par les restes, on arrive au même résultat ; cette recherche est, en effet, tout à fait voisine de celle dont il s'agit ici. »

Wallis ne peut pas prouver que l'équation est possible, mais, si elle l'est, il trouve infailliblement la solution la plus simple, d'où il peut déduire toutes les autres.

Voici comment il procède.

Soit à résoudre $13\ a^2 + 1 = y^2$, où *a* et *y* sont entiers. On constate que $3\ a < y < 4\ a$, et l'on pose $y = 3\ a + b$. D'où $4\ a^2 - 6\ ab - (b^2 - 1) = 0$. En discutant cette nouvelle équation on trouve $b < a < 2\ b$. Posons $a = b + c$, il vient :

$$\begin{array}{lll}
 & 3\ b^2 - 2\ bc - (4\ c^2 + 1) = 0, & c < b < 2\ c, \\
b = c + d, & 3\ c^2 - 4\ cd - (3\ d^2 - 1) = 0, & d < c > 2\ d, \\
c = d + e, & 4\ d^2 - 2\ de - (3\ e^2 + 1) = 0, & e < d < 2\ e, \\
d = e + f, & e^2 - 6\ ef - (4\ f^2 - 1) = 0, & 6\ f < e < 7\ f, \\
e = 6\ f + g, & 4\ f^2 - 6\ fg - (g^2 + 1) = 0, & g < f < 2\ g, \\
f = g + h, & 3\ g^2 - 2\ gh - (4\ h^2 - 1) = 0, & h < g < 2\ h, \\
g = h + i, & F(h) \equiv 3\ h^2 - 4\ hi - (3\ i^2 + 1) = 0, &
\end{array}$$

En discutant cette dernière équation on trouve que $F(2\ i) = i^2 - 1$, d'où la solution $i = 1$, $h = 2$, et, en remontant, $g = 3$, $f = 5$, $e = 33$, $d = 38$, $c = 71$, $b = 109$, $a = 180$ et $y = 649$.

Dans son Algèbre de 1685, à la demande du Dr Davenant, Wallis s'occupe de la réduction

« des fractions ou proportions à de plus petits termes, en s'approchant autant que possible de la juste valeur ».

Sa méthode, assez particulière, rendue publique en 1672 dans son édition des écrits posthumes d'Horrocks, lui donne non seulement

les réduites, mais aussi ce que l'on a appelé depuis les fractions intermédiaires. Ainsi, pour le rapport $\frac{2\,684\,769}{8\,376\,571}$, il donne les valeurs par excès, $\frac{1}{3}$, $\frac{9}{28}$, $\frac{17}{53}$, $\frac{25}{78}$ ... et les valeurs par défaut $\frac{1}{4}$, $\frac{2}{7}$, $\frac{3}{10}$, $\frac{4}{13}$, $\frac{5}{16}$, $\frac{7}{22}$, $\frac{8}{25}$...

Simon DE LA LOUBÈRE et LEIBNIZ, entre autres, se sont occupés de l'algorithme des fractions continues, mais il a été surtout connu par un écrit de HUYGENS, rendu public après sa mort, en 1713. Il s'y était intéressé pour réaliser la construction de son automate planétaire, exécutée en 1682. Il constate qu'en un an Saturne parcourt 12° 13′34″18‴ et la Terre 359° 45′40″31‴), soit, en tierces la proportion de 264 0858 à 77 706 431. Pour trouver les plus petits nombres qui expriment ce rapport d'une façon approchée, et qui lui donneront les nombres des dents des roues de sa machine, il faut, écrit-il, diviser le plus grand des deux nombres par le plus petit, puis le plus petit par le reste de la division, etc..., d'où le rapport :

$$29 + \begin{pmatrix} 1, & 1, & 1, & 1, & 1, & 1,\dots \\ 2, & 2, & 1, & 5, & 1, & 4,\dots \end{pmatrix}$$

Citons, parmi les mathématiciens qui s'occupent alors de la question, en France, LAGNY, RENAU D'ELIÇAGARAY, NICOLE, SAUVEUR, parmi les Anglais, COTES, SAUNDERSON, un peu plus tard Robert SIMSON. Nous avons déjà signalé l'irrationnalité de π établie par LAMBERT et celle de π^2 par LEGENDRE. On pourrait encore parler de Daniel BERNOULLI et de JEAN III BERNOULLI, mais les deux grands noms sont certainement en ce domaine ceux d'EULER et de LAGRANGE.

Depuis 1737 jusqu'à sa mort EULER, à plusieurs reprises s'est intéressé aux fractions continues générales.

Nous ne pouvons guère le suivre ici dans ses travaux, beaucoup trop techniques. Signalons simplement ce resultat, *e* etant la base bien connue des logarithmes néjériens :

$$\frac{1}{e - 1} = \begin{pmatrix} 1, & 2, & 3, & 4,\dots \\ 1, & 2, & 3, & 4,\dots \end{pmatrix}$$

d'où l'on tire par simplification et inversion cette autre expression :

$$e = 2 + \begin{pmatrix} 1, & 1, & 2, & 3, & 4,\dots \\ 1, & 2, & 3, & 4, & 5,\dots \end{pmatrix}$$

qui, montre, grâce au théorème de LAMBERT, l'irrationnalité de *e*,

LAGRANGE, pour sa part, s'est plus spécialement intéressé aux fractions continues de quantièmes, bien qu'il ait aussi utilisé les fractions continues générales.

Ses travaux datent de 1767, époque où il découvre sa méthode de résolution approchée des équations numériques.

Soit l'équation $x^3 - 7x + 7 = 0$. Ayant reconnu qu'elle a une racine entre 1 et 3/2, LAGRANGE pose :

$$x = 1 + \frac{1}{y}\text{, d'où } y^3 - 4y^2 + 3y + 1 = 0$$

qui a une racine entre 1 et 2. Posons :

$$y = 1 + \frac{1}{z}$$

on aura : $z^3 - 2z^2 - z + 1 = 0$, équation dont une racine est comprise entre 2 et 3. On pose alors :

$$z = 2 + \frac{1}{u} \text{ et ainsi de suite.}$$

On trouve pour une racine de l'équation proposée la valeur :

$$x - 1 + \begin{pmatrix} 1, & 1, & 1,\dots \\ 1, & 2, & 4,\dots \end{pmatrix}$$

L'approximation de LAGRANGE n'est plus guère utilisée, mais l'inventeur en a déduit quelques résultats fondamentaux en théorie des nombres. On savait déjà, avec LAGNY, SAUNDERSON, EULER, que toute fraction continue périodique est racine d'une équation du second degré. LAGRANGE, grâce à sa méthode, établit la proposition réciproque. Il établit encore, comme conséquence, que l'équation de PELL $A x^2 + 1 = y^2$ est toujours possible.

Terminons ce trop bref aperçu en signalant que l'existence de nombres transcendants, c'est-à-dire de nombres ne pouvant satisfaire à aucune équation algébrique à coefficients entiers, a pu être démontrée, en 1851, par LIOUVILLE, grâce à l'algorithme des fractions continues.

Jean ITARD.

NOUVELLES DONNÉES STRUCTURALES ET CYTOCHIMIQUES SUR L'ŒUF DES MAMMIFÈRES [1]

par le Professeur
A.-M. DALCQ.

(Laboratoire d'Anatomie et Embryologie humaines à l'Université de Bruxelles et Centre National de Croissance normale et pathologique)

I. — Genèse de ces recherches

Le développement de l'œuf commence, chez tout animal, par une phase de divisions mitotiques, de mouvements relatifs des blastomères et des cellules, de spécialisation dans les propriétés physiques et les activités biochimiques de certains territoires. J'ai proposé en 1949 de donner à l'ensemble de ces phénomènes initiaux, aspects limités et préliminaires de la morphogenèse, le nom de *morphochorèse* (8).

Cette phase comporte des transformations chimiques à coup sûr essentielles. Leur étude, inaugurée vers 1910 par les recherches de E. Fauré-Frémiet sur l'Ascaris, a passé par une période longue, difficile et méritoire d'explorations en sens divers. Entre 1935 et 1940, les travaux de J. Brachet, commencés dans mon laboratoire, ont dégagé la notion (cf. 3, p. 346) que la localisation et l'évolution des protéines sulfhydrilées et des acides ribonucléiques ont une importance particulière pour la morphochorèse. Depuis 1945, je me suis attaché à utiliser cette idée directrice pour mieux comprendre ce qui ce passe chez les Mammifères depuis l'oocyte ovarien jusqu'à la ligne primitive et l'apparition des premiers somites. Ces événements, par lesquels la morphochorèse s'exprime dans toute sa plénitude, se déroulent chez tous les Euthériens à un rythme à peu près uniforme, remarquablement lent malgré les conditions de température, et prennent de 8 à 10 jours. Après cette décade décisive, le développement de ces espèces supérieures rejoint la ligne

---

(1) Communication présentée à la Réunion de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences (Luxembourg, juillet 1953).

générale de l'Ontogenèse des Vertébrés. Les premières recherches, faites par J. Gallera (1946), puis avec Mrs A. Jones-Seaton (1948-49-50), ont montré des changements progressifs et significatifs dans la basophilie, mais ont en même temps fait surgir le problème technique qui guette partout les cytologistes, celui de la validité et de la fidélité des images observées sur coupes.

Il en est résulté d'abord des essais divers pour contrôler le rapport entre ces constatations et l'observation de l'œuf vivant, ensuite le recours aux colorants vitaux, puis la recherche d'améliorations dans la fixation et le traitement ultérieur des œufs. La solution de ces dernières difficultés a fait des progrès marquants au cours de l'année qui vient de s'écouler. Les procédés mis au point permettent de préciser la nature des transformations qui surviennent, durant la morphochorèse, d'une part dans le cytoplasme, d'autre part dans le noyau.

Avant de s'engager dans leur exposé, il convient de donner quelques *indications d'ordre purement morphologique.*

Malgré son intérêt biologique et médical évident, et en dépit d'investigations nombreuses et dont le mérite, en tant que prospections, ne doit pas être sous-estimé, la manière dont tout Mammifère placentaire commence son existence reste un problème fondamental de l'Embryologie. La version communément admise s'inspire essentiellement de travaux antérieurs à la première guerre mondiale. Elle n'a guère été rénovée entre les deux guerres en dépit des progrès accomplis alors par l'Embryologie générale, tant comparée que causale. Le tableau habituellement présenté se ramène généralement — en faisant abstraction de multiples divergences de vues et de suggestions partielles grosses d'avenir — aux traits suivants (fig. 1). L'oocyte, puis l'œuf dit « vierge et mûr » est une cellule polarisée. Sa fécondation est suivie d'un clivage au cours duquel une couche superficielle, le trophoblaste, se sépare d'un amas interne, l'amas embryonnaire ; on admet le plus souvent qu'il s'agit d'une première délamination et l'on situe — gratuitement, surtout pour la commodité graphique — l'amas embryonnaire du côté animal. Entre ces deux constituants en lesquels les blastomères se sont répartis, il apparaît une cavité que l'on nomme tantôt *blastocèle* (auteurs anglo-saxons), soit *lécithocèle* (Ecole de Ed. van Beneden). Une nouvelle cavité se creuse alors, par écartement des cellules, dans le bouton embryonnaire, tandis que les éléments disposés au plancher de cette *cavité amniotique* se *délaminent* en deux couches. On insiste naturellement, à cette phase, sur les deux modalités selon lesquelles la cavité amniotique peut se former, par « plectamnios » ou par « schizamnios » et cet ordre d'idées est d'ailleurs la partie la plus solide des notions classiques. Celles-ci

admettent donc que le stade didermique est atteint par délamination. A ces deux feuillets, la majorité des auteurs continuent à donner les noms imprécis d'ectoderme et d'entoderme, ou d'ectoblaste et d'entoblaste, en ajoutant assez souvent la qualification de « primaires », ou encore ceux d'épiblaste et hypoblaste ; bien peu veulent admettre la judicieuse terminologie de A. Celestino da Costa, *ectophylle* et *entophylle*, alors que l'on a si souvent exposé les raisons qui la rendent préférable (24). On décrit alors, de façon devenue en général satisfaisante, l'apparition de la ligne primitive et l'avènement du stade tridermique avec ses diverses conséquences.

Les principales critiques dont est plausible cette version classique sont d'abord que l'orientation adoptée n'est justifiée par aucun fait, et qu'elle ne permet aucune homologation avec l'œuf des Amphibiens, lequel paraît bien, cependant, constituer un terme de référence d'une valeur indiscutable. Ensuite, que les deux délaminations successives sont admises sans argument réellement probant. Enfin, que l'on n'accorde aucune attention à l'orientation

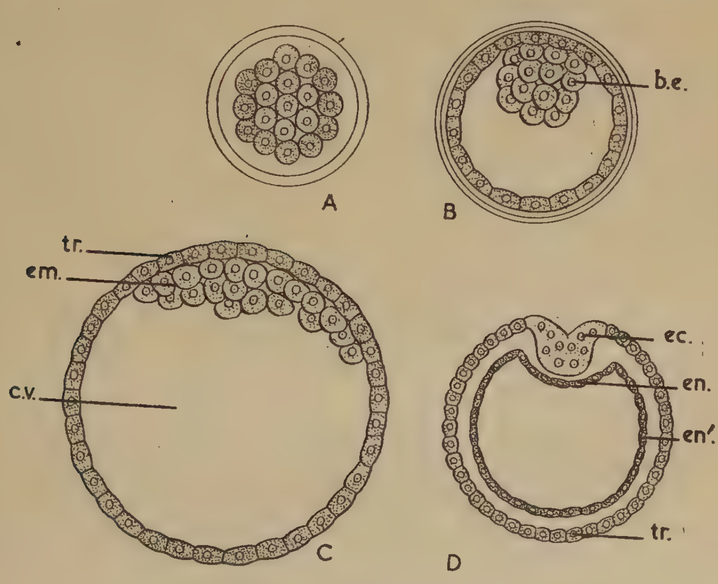


Fig. 1

Stades de développements d'un Mammifère, d'après M. D. L. Sevarstava (1952), basé sur les figures de Marshall. A. Morula avec la distinction entre l'amas embryonnaire et la couche enveloppante, à cellules plus sombres (avec transition au pôle « supérieur »). B. Blastocyste, avec le bouton embryonnaire (*b. e.*) encore dense. C. Blastocyste avec sa cavité dilatée (*c. v.*), son bouton étalé en un groupe de cellules embryogènes (*e. m.*) et le trophoblaste (*tr.*) en surface. D. Stade didermique avec l'ectoblaste (*ec.*) en continuité avec le trophoblaste, et l'endoblaste intra-embryonnaire (*en.*) se poursuivant par l'endoblaste extra-embryonnaire (*en*1).

qu'affecte la ligne primitive au sein de la plaque didermique, alors que cet axe céphalo-caudal a sûrement une relation avec l'organisation générale du germe.

Dès le début de ces recherches sur l'œuf des petits Mammifères énumérés ci-dessous (p. 25), j'ai dû me résoudre, sur le vu des bonnes préparations exécutées par Mrs A. Jones-Seaton, à battre en brèche la version classique. Certes, il eût été souhaitable de pouvoir le faire sur la base de marques colorées localisées, mais cette technique paraissait, en l'espèce, inabordable, et, aujourd'hui encore, on ne peut guère prévoir quand on aura franchi les énormes difficultés qui s'opposent à une telle vérification, si souhaitable soit-elle. C'est la répartition de la basophilie aux divers stades qui m'a suggéré l'idée directrice (1948). Par la suite, la distribution des zones métachromatiques produites *in vivo* par le bleu de toluidine très dilué m'a fait craindre une erreur et amené à renverser ma première proposition (9). Mais cette malencontreuse crise de scrupule a été bientôt surmontée par la mise en évidence de divers autres faits rectificateurs et explicatifs, et j'ai pu revenir à la première interprétation (10). Celle-ci a été étayée par les autres réactions révélatrices de l'organisation du cytoplasme, et elle est à présent solidement établie (fig. 5, 6, 9, 11).

L'oocyte des Mammifères est une cellule non seulement polarisée, mais encore symétrisée. D'un côté de l'axe de polarité, le cytoplasme est plus pur, plus riche en mitochondries, notamment corticales, et en microsomes, donc plus basophile, tandis que la moitié opposée est plus hydratée et fréquemment chargée de paraplasme (lipides). (Voir 17, fig. 1 à 4, et ici la fig. 7, A.)

Ainsi est défini un axe dorso-ventral qui croise l'axe animal-végétatif et permet de tracer le plan de symétrie bilatérale.

Ce *dispositif structural*, polarisé et symétrisé, n'est pas modifié de façon appréciable par la maturation ni même, semble-t-il par la fécondation (cf. p. 35). Chez les petits Rongeurs, où les images sont les plus claires, la segmentation se produit sans relation strictement obligée avec le plan de symétrie. Il est cependant fréquent que celui-ci coïncide avec le premier plan de clivage ou lui soit perpendiculaire. Quoi qu'il en soit, les premiers blastomères sont sphériques et très peu adhérents les uns aux autres ; tandis qu'après les deux ou trois premiers cycles l'adhésivité se manifeste et un revêtement hyalin intercellulaire, analogue au *coat* bien connu chez divers Anamniotes, fait son apparition.

Chez le Rat, dont il sera principalement question parce que la disposition des blastomères est précisément favorable à une étude attentive, les blastomères sont un peu aplatis selon l'axe An-Vg.

Dès que l'œuf est divisé en 8 cellules, elles sont le plus souvent (1) disposées en une *placula* (fig. 2, C et 4, C). A ce moment, la symétrie bilatérale, souvent estompée durant les deux premiers cycles mitotiques, redevient pleinement évidente. La partie la moins basophile et plus aréolaire est répartie en 4 cellules plus volumineuses et plus étroitement juxtaposées que les 4 autres (fig. 2 C, 4 C, 5 h). *In vivo*, un *coat* devient perceptible. Les 4 cellules plus petites se divisent immédiatement tandis que les 4 grosses marquent un temps d'arrêt durant lequel elles commencent à envelopper l'autre groupe. Un stade de transition à 12 blastomères précède ainsi celui à 16 blastomères où l'enveloppement est déjà presque complet (fig. 8 A). Entre les deux composants, l'amas interne et le feuillet enveloppant, apparaît le lécithocèle (fig. 5 i, 8 A, 10 C). L'amas interne deviendra l'ectophylle, tandis que l'endophylle procèdera d'une immigration de cellules du feuillet enveloppant. C'est seulement après cette participation effective à la formation de l'amas embryonnaire que la couche externe mérite le nom de trophoblaste. Le massif destiné à l'ectophylle se creusera d'une cavité amniotique et la plaque didermique, bien délimitée de ce fait, donnera la ligne primitive par une activité orientée, à partir d'un tracé médio-dorsal, en direction animale et dorso-ventrale. En fin de compte, l'orientation de l'embryon sera exactement semblable à celle qui se présente chez un Amphibien, avec la tête vers l'ancien pôle animal.

Telles sont les relations topographiques dont il faut tenir compte pour comprendre les constatations d'ordre cytochimique.

II. — Aperçu technique

Dès le début de ces investigations, il a été reconnu combien il est préférable de fixer ce matériel délicat après l'avoir entièrement isolé des tissus ou organes dans lesquels il se trouve. Cependant, l'emploi des coupes reste nécessaire pour résoudre certains problèmes de relations plus générales, notamment dans l'ovaire.

1. *La fixation de fragments d'ovaires.* — Il n'existe actuellement pas de procédé — et il devient peu probable qu'on en découvre un — pour fixer *in situ* les mitochondries et microsomes contenant l'acide ribonucléique (A. R. N.) des oocytes et mettre ce constituant en évidence par la pyronine du mélange Unna-Brachet. Tout fixateur remplissant ces conditions provoque un phénomène de fuite. Mais on peut composer avec cet artefact toujours limité et sélectionner les images où l'on relève une distribution inégale des

(1) Le type dit irrégulier est compatible avec un développement normal ; les relations entre les blastomères y sont simplement moins lisibles.

constituants pyroninophiles du cytoplasme, dans un sens dont la fuite ne saurait être responsable (15, 17).

Par ailleurs, il a pu être reconnu par les examens *in vivo*, la centrifugation, les colorations vitales, que la répartition des mitochondries est une donnée essentielle du dispositif structural de l'œuf, et reflète bien les différences de basophilie générale. Or, les mitochondries peuvent aisément être fixées *in situ*, sans aucune fuite, dans tous les follicules périphériques du fragment, en recourant à un mélange de bichromate de potassium et de tétroxyde d'Osmium. Cette formule, inspirée d'Altmann, et qui permet sa coloration à la fuchsine acide, est d'ailleurs en même temps un remarquable fixateur nucléaire (16, 17).

2. *Le traitement des œufs isolés.* — La manière d'examiner les œufs vivants, soit intacts, soit colorés vitalement ou centrifugés, a été décrite précédemment (9). Vu la petitesse des objets et leur fragilité, un grand intérêt s'attachait à la possibilité de les monter aussi *in toto* après fixation correcte, et avec la possibilité de soumettre les échantillons aux divers tests cytochimiques. Après divers tâtonnements, cette sérieuse difficulté a pu être surmontée (10).

Légendes des figures ci-contre

Fig. 2

Œufs de Rat fixés à l'alcool acétique, montés *in toto*, colorés à l'Unna-Brachet. A, œuf en maturation récemment émis par l'ovaire, mitose en *m* (peu visible), avec sa zone plus basophile décalée vers le pôle animal et le haut de la figure (future zone dorsale) ; B, œuf du 3ᵉ jour, provenant d'un autre animal, mais monté à côté du précédent, avec traitement identique ; forte atténuation de la basophilie, noyaux avec gros nucléole principal (il peut en exister de plus petits) et chromosomes épars ; C, œuf du 4ᵉ jour, divisé en 8 blastomères, même technique ; *g* à *g*4, les 4 gros blastomères ventraux, destinés à envelopper les 4 autres (dont 2 centraux dans ce cas) ; plan de symétrie dorso-ventral (flèche Dl - Vl), divisant exactement les bastomères dorsaux et ventraux ; les petits blastomères (dorsaux, surtout embryogènes) avec basophilie et structure nucléaire différente de celles des grandes cellules ; D, blastocyste du 5ᵉ jour, même technique, réveil de la basophilie et des divisions cellulaires dans l'amas enveloppé, placé ici en haut de la figure ; le même stade, traité par la ribonucléase, ne montre aucune basophilie. D'après des photographies en Ectachrome, retransposées en noir.

Fig. 4

Œufs de Rat fixés à l'alcool acétique, montés *in toto* et soumis à la réaction de Millon (technique de Polister, 1950). A. Œuf du 3ᵉ jour, avec les microfibrilles perceptibles ; cytoplasme plus riche en bas à gauche (zone dorsale) ; B. un œuf en maturation (a) et un du 3ᵉ jour (b) traités côte à côte, avec la région dorsale (*Dl*) perceptible, appauvrissement de l'œuf segmenté ; C. œuf du 4ᵉ jour (extrait d'un groupe qui a permis les mêmes comparaisons entre les stades I, II, IV) ; 8 blastomères, dont 4 petits (groupe *Dl*, avec 1 élément central) à réaction plus forte, bien que moins épais. Photo Ektachrome, retransposée en noir.

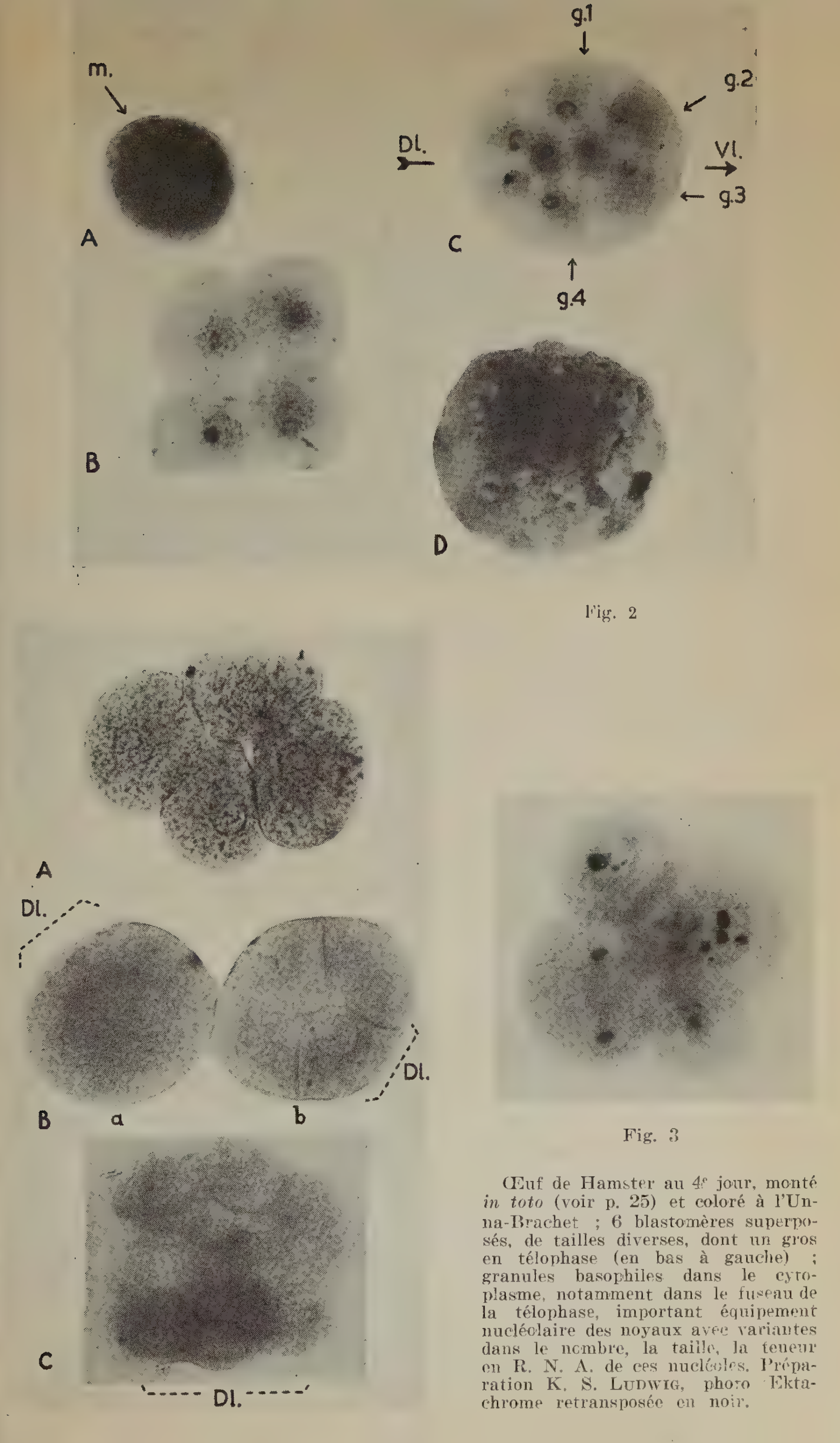


Fig. 2

Fig. 3

Œuf de Hamster au 4e jour, monté *in toto* (voir p. 25) et coloré à l'Unna-Brachet ; 6 blastomères superposés, de tailles diverses, dont un gros en télophase (en bas à gauche) ; granules basophiles dans le cytoplasme, notamment dans le fuseau de la télophase, important équipement nucléolaire des noyaux avec variantes dans le nombre, la taille, la teneur en R. N. A. de ces nucléoles. Préparation K. S. Ludwig, photo Ektachrome retransposée en noir.

Fig. 4

Fig. 7

Coloration (sub) vitale chez la Souris. A. Oocyte traité par une solution de pyronine dans le Tyrode ; vésicule germinative presque centrale ; zone superficielle à droite et en haut moins pyroninophile ; B. œuf fécondé traité par le bleu de toluidine 10^{-5} : métachromasie surtout intense au niveau d'un nuage profond ; C, stade des pronucléi traité de même, avec métachromasie surtout périnucléaire ; D, stade à 4 blastomères, mêmes conditions, métachromasie intensifiée au niveau d'amas plus grossiers. Photogr. Ektachrome retransposées en noir.

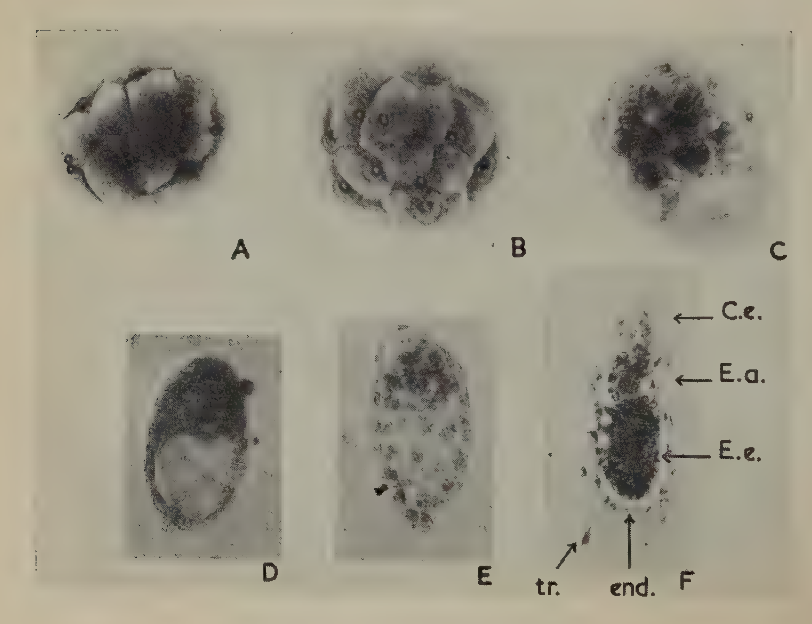


Fig. 10 (Légende page suivante)

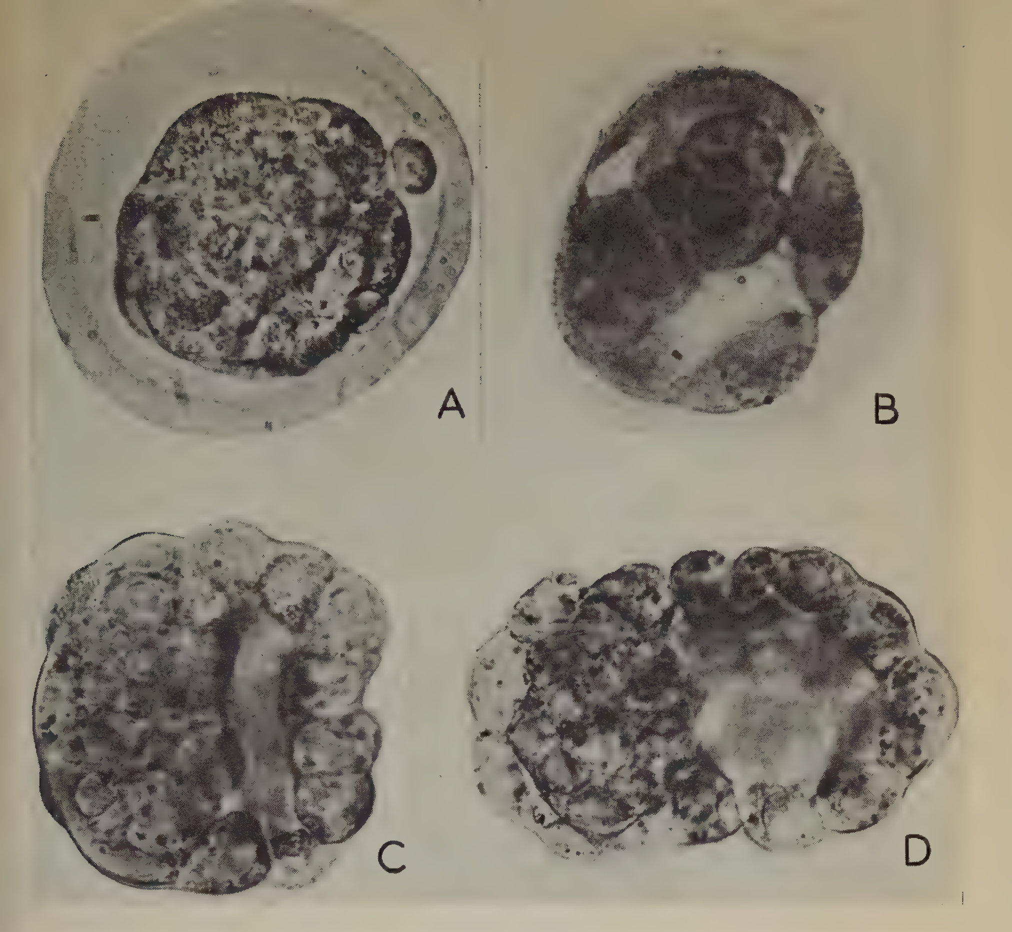


Fig. 8

Métachromasie *in vivo* dans le blastocyste du Rat. Les germes sont tous disposés avec la même orientation, le côté dorsal à gauche. A, 4ᵉ jour ; fin de l'enveloppement et apparition du lécithocèle ; maximum de métachromasie dans les grosses cellules ventrales de la couche enveloppante (à droite) ; B, 4ᵉ au 5ᵉ jour, amas enveloppé formé de cellules adhérentes, s'enfonçant en battant de cloche dans le lécithocèle ; C, 5ᵉ jour, couche enveloppante plus mince du côté dorsal, avec flaques métachromatiques (se superposant éventuellement à l'amas enveloppé) ; D, 6ᵉ jour, même aspect avec lécithocèle plus vaste ; au milieu et en bas, une cellule cunéiforme annonce l'immigration de l'endophylle. Le grossissement de ces images n'est pas strictement uniforme.

Fig. 10

Apparition et localisation de la phosphatase alcaline chez le Rat. Fixation à l'alcool à 80° froid, technique de Gomori (cf. 28), suivie de montage *in toto*. A, fin du 4ᵉ jour, apparition de l'enzyme dans les 8 cellules de l'amas enveloppé ; la réaction au bord des cellules enveloppantes est due à une légère diffusion ; B, témoin (incubation sans substrat) au même stade (16 blastomères), avec coloration non spécifique ; montre bien les deux groupes cellulaires ; C, blastocyste du 5ᵉ jour, avec la réaction enzymatique sélective dans l'amas enveloppé ; D, blastocyste du 6ᵉ jour, avec positivité massive dans l'amas de futur ectophylle ; E, témoin au même stade, traité après inhibition de l'enzyme par KCN ; F, coupe horizontale d'un jeune stade « cylindre » du 7ᵉ jour, avec gradient de positivité dans l'ectophylle embryonnaire (*E. e.*) et amniotique (*E. a.*) ; négativité du cône ectoplacentaire (*C. c.*), du trophoblaste (*tr.*) et de l'endophylle (*end.*). Préparations et photos J. Mulnard.

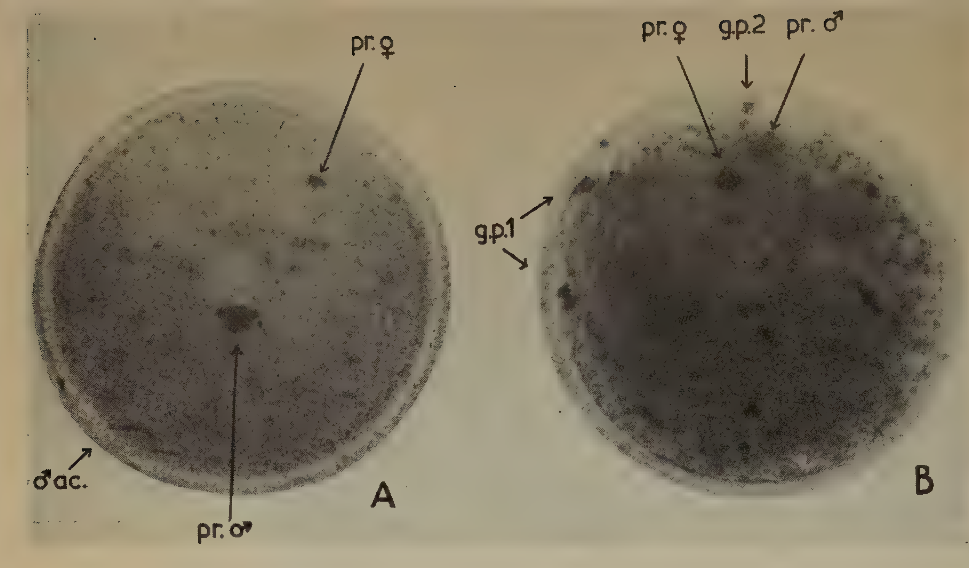


Fig. 12

Œufs de Rat, fixés 3 h. 15 après la fécondation de la ♀, vraisemblablement 15 à 30 min. après la fécondation des œufs. Fixation et montage *in toto* aux vapeurs d'alcool, col. Unna-Brachet. Transposition de photos Ektachrome, les parties des noyaux colorées en vert sont plus pâles que celles colorées en rouge. Œuf A : pr. ♀, télophase de la 2e cinèse de maturation, chromosomes groupés et colorés par le vert de méthyle ; ♂ ac., tête d'un spermatozoïde supplémentaire resté hors de l'œuf, colorée en vert ; au centre, pr ♂, jeune pronucléus ♂, en grande partie coloré par la pyronine, en partie par le vert de méthyle. Œuf B. Stade légèrement plus avancé, même technique, *g. p. l.* le 1er globule polaire, à noyau également pâle, parce que vert ; pr ♂, ombre donnée par le pronucléus ♂, qui n'est pas dans le plan de la photo, mais a la même structure qu'en A ; pr ♀, le jeune pronucléus ♀, se comportant comme le pronucléus ♂, avec large partie foncée prenant la pyronine. Prép. K. S. Ludwig (26, 27).

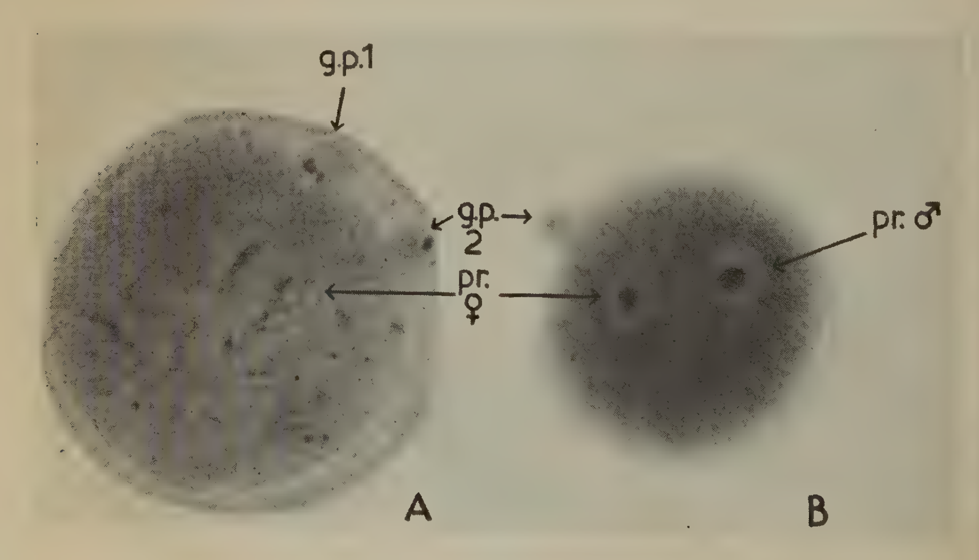


Fig. 13 (Légende ci-contre)

L'application de cette méthode a bientôt permis de comparer les avantages des divers fixateurs. En étudiant la phosphatase alcaline, J. Mulnard a reconnu la qualité d'une fixation par immersion dans l'alcool à 90° (28). Partant du mélange bichromo-osmié, je suis revenu à l'excellent procédé d'exposition aux vapeurs d'OsO_4 (16, 17), une des plus anciennes techniques cytologiques. Tout récemment, par une légère transposition des manœuvres précédentes, K. S. Ludwig a constaté l'étonnante efficacité d'une exposition aux vapeurs d'alcool. Les deux méthodes les plus favorables peuvent être résumées ainsi :

A. — Les œufs sont placés dans une gouttelette de Tyrode sur un porte-objet et exposés 20 secondes aux vapeurs d'OsO_4 à 2 %. Un peu d'albumine fraîche, diluée au 1/3, est mélangée à la goutte. La lame est alors exposée aux vapeurs d'alcool pendant le temps (1 à 2 min.) nécessaire à la coagulation de l'albumine, puis elle subit une rapide immersion dans l'alcool à 70°. Lavage à l'eau courante, 30 min. Coloration de Feulgen ou d'Unna-Brachet ; pour celle-ci, soumettre d'abord la lame à 1 h. de séjour dans l'alcool à 70°, ce qui permet (dissolution d'un revêtement lipidique) la coloration des particules cytoplasmiques par la pyronine. D'autres colorations (Mac Manus, hématoxyline, etc.), sont utilisables.

B. — Les œufs sont placés directement dans une gouttelette de Tyrode additionnée d'albumine fraîche. La lame est soumise aux vapeurs d'alcool *sans la renverser*, de manière que les œufs ne viennent pas à la surface. Dès que la coagulation se manifeste, immerger dans l'alcool à 70°. Après quelques minutes, les colorations de Feulgen, Schiff, Unna-Brachet et autres peuvent être faites directement. Si on le désire, la préfixation alcoolique peut être suivie de l'emploi d'un autre fixateur approprié aux techniques souhaitées.

III. — Principaux résultats

Bien que l'interaction entre le noyau et le cytoplasme doive être un objectif permanent dans de telles investigations, il sera commode de traiter séparément ici les modifications relevées jusqu'à présent dans le cytoplasme et dans le noyau. Le matériel de base

---

Fig. 13

Œufs de Hamster. Même technique. A. Phase de négativité des pronucléi, dont l'un apparaît comme une vésicule claire, alors que la pyronine a pris sur le cytoplasme et le vert de méthyle sur les noyaux des globules polaires (*gp* 1, *gp*. 2). B. Formation des pronucléi, avec la membrane se constituant à la limite d'une sphère de plasme clair entourant l'amas chromosomial, qui prend surtout la pyronine. Prép. K. S. Ludwig.

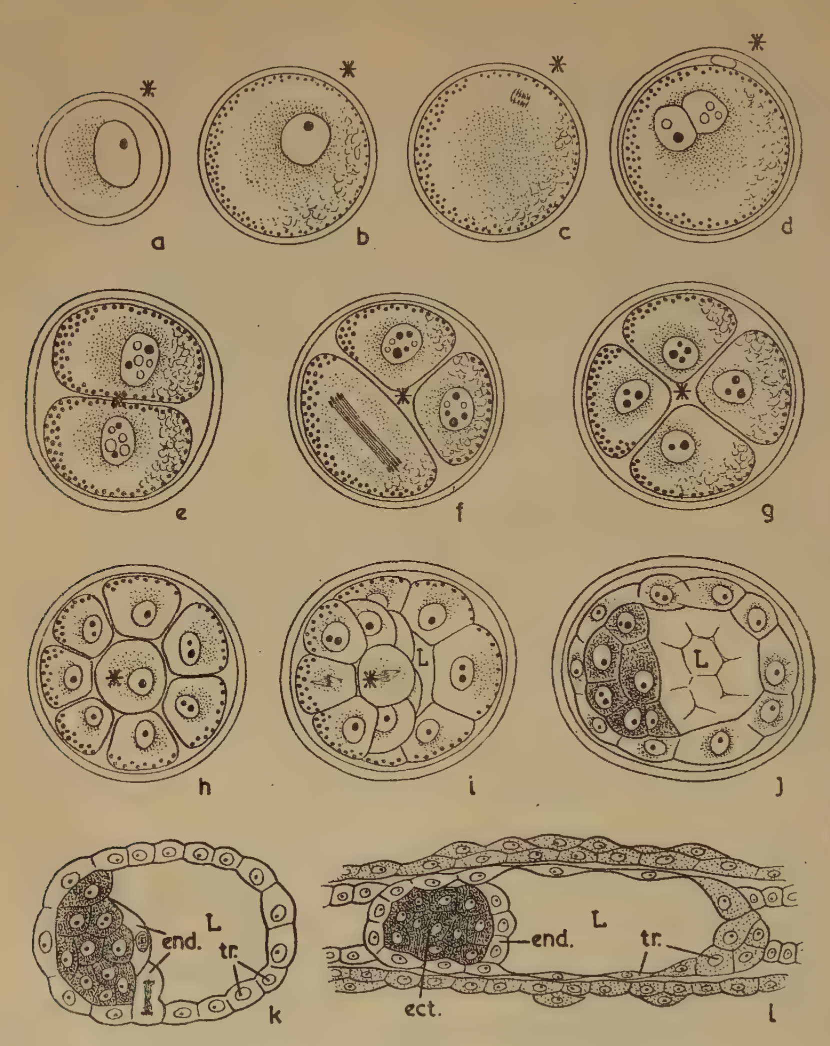


Fig. 5

Evolution de la basophilie cytoplasmique (A. R. N.) au cours des 8 premiers jours du développement chez le Rat. L'astérisque marque **le pôle animal. La** basophilie est liée à de fines et à de grosses granulations de nature **mitochondriale** représentées en noir. *a*) jeune oocyte ; *b*) oocyte accompli ; *c*) oocyte en maturation ; *d*) œuf fécondé avec pronucléi ; *e*) stade à II blastomères (2e jour) ; *f*) stade à III blastomères ; *g*) stade à IV blastomères (3e jour) ; *h*) stade à 8 blastomères (4e jour) ; *i*) stade à 12 blastomères (4e à 5e jour), début d'enveloppement, apparition du lécithocèle (*L*) ; *j*) blastocyste du 5e jour, avec le réveil de la basophilie ; *k*) blastocyste du 6e jour, avec immigration de l'endophylle (*end.*) à partir de la couche enveloppante ; *l*) jeune cylindre du 8e jour en phase de nidation, trophoblaste (*tr.*), endophylle (*end.*), ectophylle (*ect.*) concentré en un embryon embryonnaire. Les stades *a* à *d* sont vus de côté, les autres d'en haut (ou d'en bas), la région dorsale présomptive est partout représentée vers la gauche de la figure.

est le Rat. De nombreuses informations ont été également recueillies chez la Souris, le Lapin, le Hamster, le Cobaye, la Taupe. L'oocyte humain a fait l'objet de certains examens. Le lecteur aura intérêt à examiner les légendes des figures, où sont données diverses informations complémentaires.

1. — *Modifications cytoplasmiques*

Nos observations ont porté sur l'état physique des constituants, les acides nucléiques, les protides, les polysaccharides, les lipides, les phosphatases alcalines.

A. — Le dispositif structural et son évolution. L'hétérogénéité *discernable à l'échelle microscopique*, éventuellement avec l'aide de la lumière polarisée (9, 10), est due à des particules arrondies assimilables à des mitochondries, à des fibrilles allongées, à des sphérules et à certaines vacuoles. Seuls les deux premiers constituants nous retiendront ici.

a) Les mitochondries. Des granules agglomérés en un essaim juxtanucléaire existent dans le très jeune oocyte. Ils sont en général très petits. Cependant, chez le Hamster, ils sont exceptionnellement volumineux dans les follicules primordiaux et primaires ; on pourrait les prendre pour des plaquettes vitellines, mais aux stades plus avancés ils se dissocient en petits grains (14). Pendant la croissance des oocytes, les mitochondries augmentent considérablement en nombre. Chez le Rat, une distinction s'établit entre une garniture corticale de gros granules disposés d'un seul côté de l'axe et un nuage de très petites granulations (microchondries) disposées près du noyau, du côté opposé. De cette répartition résulte un plan de symétrie passant par l'axe de polarité. L'ensemble des relations suivies au cours du développement permet de considérer le côté de la cape corticale comme dorsal (24). Un dispositif structural analogue a été reconnu chez la Souris (1), le Lapin, le Cobaye (19), la Taupe (9, 14). Chez ces deux espèces, la symétrisation est confirmée par l'élaboration de plus nombreuses sphérules liquides dans la moitié ventrale ; cette surcharge « dilue » les mitochondries. Au moment de la fécondation, il se produit une rétraction qui est généralement minime, parfois accentuée (Souris), mais on n'a pas discerné jusqu'ici de modification structurale brusque.

Chez le Rat, dans l'œuf fécondé depuis quelques heures, les mitochondries apparaissent plus grosses et moins nombreuses, avec atténuation du dispositif structural. Cet état se modifie peu durant le clivage, et en tous cas les mitochondries ne redeviennent pas plus

nombreuses jusqu'au 4[e] jour (stades à XII-XVI blastomères). Lorsque le lécithocèle se creuse, les mitochondries de la couche enveloppante s'agglomèrent en amas voisinant avec des vacuoles, tandis que l'amas enveloppé, principalement embryogène, acquiert un cytoplasme farci de nombreuses granulations très petites (fig. 2, D).

Une évolution analogue paraît bien se produire chez les autres espèces étudiées, sans que nos informations y soient aussi complètes.

b) Les fibrilles. Des condensations fibrillaires du cytoplasme apparaissent, surtout à la périphérie et avec une tendance à la disposition radiaire, dans les grands oocytes du Rat, du Hamster, et, à un moindre degré, de la Souris. Ces formations donnent lieu à une biréfringence de forme (9, 10), qui est absente chez la Taupe et le Cobaye. De telles fibrilles se maintiennent pendant les premières phases du clivage (fig. 4, A, C) puis disparaissent, vraisemblablement par dispersion dans le cytoplasme banal. Cet aspect paraît dû à la concentration des protides et n'a pas d'importance apparente pour la morphogenèse.

B. — Les complexes ribonucléiques du cytoplasme. La basophilie du cytoplasme s'observe dès les oocytes des follicules primaires, avec tendance à l'accentuation du côté dorsal. Elle se maintient au cours de la croissance, pour s'atténuer un peu dans les follicules tertiaires avancés. Dans ces grands oocytes, la réalité d'une telle symétrisation a été, chez le Rat, soigneusement contrôlée, et vérifiée expérimentalement par une analyse des aspects obtenus par centrifugation (14). En somme, la symétrisation de l'œuf vierge et mûr provient de ce que l'A. R. N. est plus abondant dans une sphère d'endoplasme légèrement décalée sur l'axe, de sorte qu'elle n'atteint la surface qu'au pôle animal et d'un côté de celui-ci, tandis que l'exoplasme est, semble-t-il, plus hydraté, et se montre éventuellement chargé de lipides du côté ventral (fig. 7, A). Chez le Rat, les mitochondries corticales de la cape dorsale et le nuage, plutôt ventral, des microchondries sont inclus dans l'endoplasme basophile (fig. 5, a-d).

La mise en marche de la segmentation a pour conséquence une diminution de la basophilie (fig. 2, A, B, C) jusqu'à la phase de creusement du lécithocèle (fin du 4[e] jour chez le Rat). La couche enveloppante, qui provient de la moitié ventrale de l'œuf, ne contient pratiquement plus d'A. R. N. (fig. 2, D) ; la basophilie « secondaire », qui a été décrite à ce niveau, a été reconnue depuis comme un artefact dû au procédé de fixation et d'enrobage (10). Le massif enveloppé est aussi bien moins riche en A. R. N. que la moitié dorsale de l'œuf, matériel d'où il provient.

Au moment où le lécithocèle est bien dessiné et l'enveloppement de l'amas interne complètement terminé, la basophilie se révèle rapidement dans cet amas (fig. 2, D et 5, j). Elle se main-

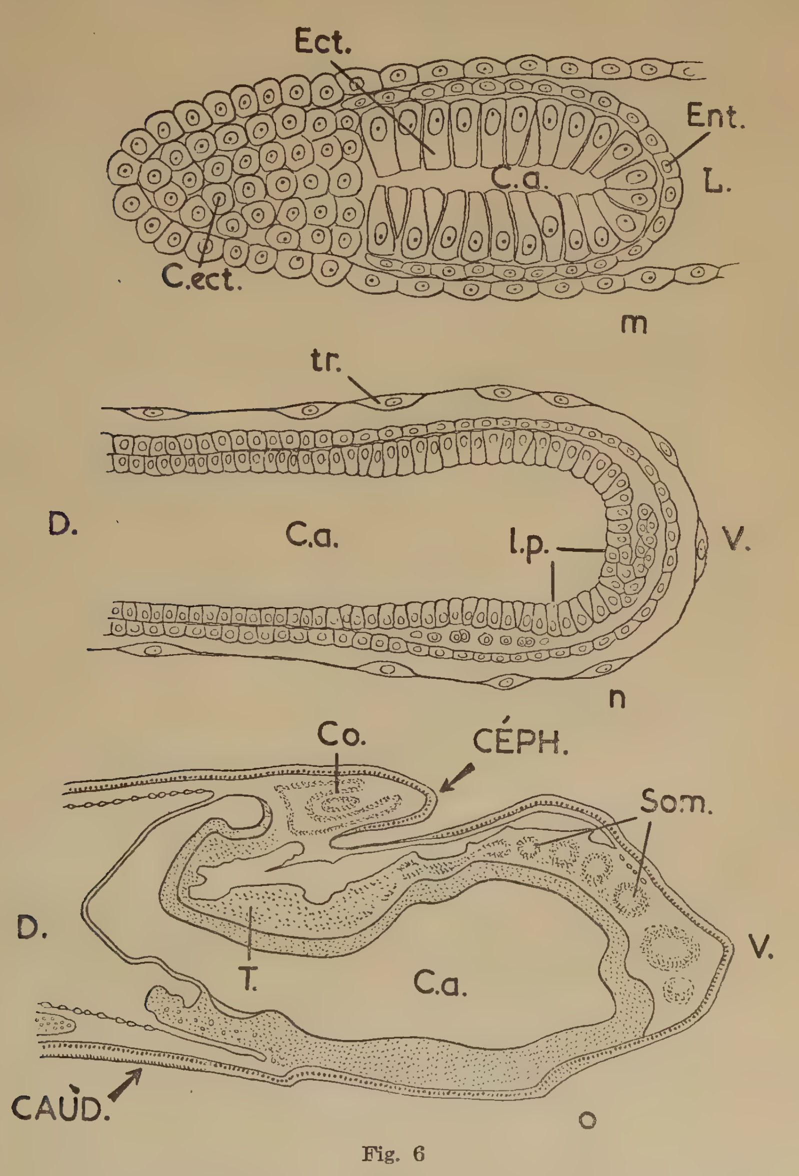


Fig. 6

Trois stades plus avancés du Rat, en coupes sagittales, orientées comme ceux de la fig. 5 ; tout l'ectophylle (*ect.*) est intensément basophile. *m*) stade didermique avec la cavité amniotique (*C. a.*) et le cône placentaire (*C. e.*) ; *n*) début de la ligne primitive (*l. p.*) ; *o*) l'embryon avec quelques somites (*som.*), la tête déjà renflée (*T.*), le cœur (*Co.*). D, côté dorsal, V, côté ventral.

tient et s'accroît durant la nidation, qui se produit à ce moment (fin du 7e jour chez le Rat), et elle s'accentue encore, dans le feuillet externe (ectophylle) du stade didermique, tandis que survient l'épisode où la morphogenèse est la plus intense, celui de la ligne primitive.

C. — Les protides. Ce constituant essentiel du cytoplasme n'a encore été étudié que d'une façon sommaire, par la simple réaction de Millon appliquée selon Polister (10). A tous les stades examinés, l'intensité de la réaction est parallèle à la basophilie. Là où l'A. R. N. cytoplasmique est abondant, le cytoplasme est dense, riche en protides ; au cours des premiers cycles de son clivage, l'œuf s'appauvrit graduellement (fig. 4, B). De toute évidence, la phase de recrudescence dans la synthèse du même acide nucléique coïncide avec une croissance de plus en plus intense de l'amas embryogène ; cependant, les dérivés du feuillet enveloppant, c'est-à-dire l'endophylle et le trophoblaste, s'accroissent aussi, probablement par des processus différents.

D. — Les polysaccharides. La partie hydrocarbonée du paraplasme peut être aisément — le problème de spécificité mis à part — mise en évidence par la réaction de Mac Manus. Celle-ci est si positive aux divers stades que l'on n'est pas encouragé à rechercher de cette manière des différences, dont l'existence est pourtant vraisemblable. Il n'en est pas de même pour les complexes décelables *in vivo* par la belle métachromasie que donne le bleu de toluidine très dilué, phénomène strictement vital et qui disparaît dès que meurt la cellule. Cette métachromasie, liée à des conditions de pH et de salinité, a permis de considérer ces complexes comme des mucopolysaccharides (11, 12). Ils montrent une évolution dont les grands traits ont pu être dégagés, mais qui n'a sûrement pas livré son dernier mot (fig. 7, 8, 9). Dans les oocytes, ce matériel semble diffus, réparti sensiblement comme les mitochondries. Dès la maturation, la réaction (Rat) se renforce, toutes conditions égales. Dans l'œuf fécondé nanti de ses pronucléi, la métachromasie apparaît au niveau d'amas granulaires profonds, dont on ne peut encore dire s'ils préexistent ou non (fig. 7, B, C). Dès le stade à VIII blastomères, le phénomène se manifeste plus intensément dans les 4 grandes cellules destinées à envelopper les autres (fig. 9, h, i), et il le fait au niveau des mitochondries corticales et des coulées granulaires plongeant jusqu'au noyau (et qui, elles, préexistent sûrement).

La production de ces complexes sera alors l'apanage de la couche enveloppante et de ses dérivés, c'est-à-dire du trophoblaste, cône ectoplacentaire compris, et de l'endophylle, feuillet profond du stade didermique (fig. 8, et 9, j, k, l). D'autre part, très tôt dans l'organogenèse, les mêmes constituants réapparaissent au

niveau des divers organes et des séreuses, avec un rôle sûrement important (13). (Cette version est donnée à titre provisoire, avec l'espoir de précisions prochaines.)

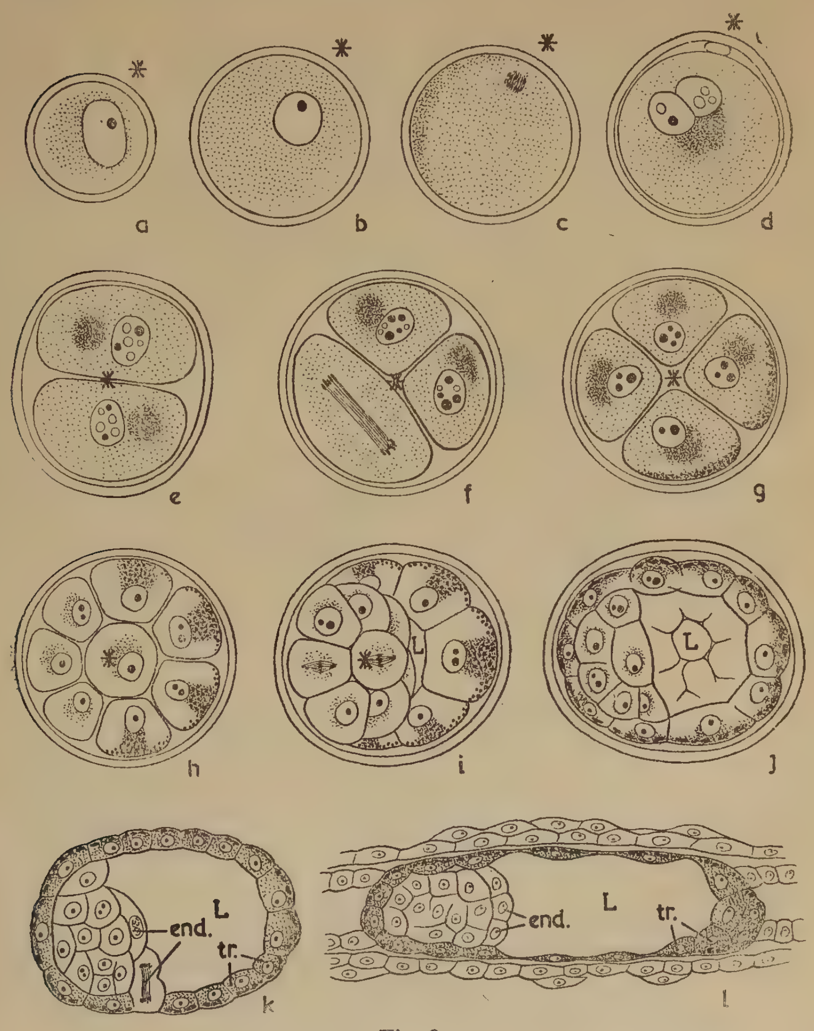


Fig. 9

Evolution de la métachromasie *in vivo* au bleu de toluidine, chez le Rat (mucopolysaccharides). Même disposition des stades que dans la fig. 5, mêmes légendes. En R et *k*, l'endophylle a été laissé en blanc, mais il est probablement aussi riche en mucopolysaccharides que le trophoblaste.

E. — Les phosphatases alcalines. Partant de la méthode de montage *in toto*, J. Mulnard (28) a établi les conditions dans lesquelles ces ferments peuvent être mis en évidence par les procédés

de Gomori et de V. Kossa, avec tous les contrôles requis. Sauf aux stades avancés, où il faut opérer sur coupes, les réactions sont entièrement effectuées sur les objets flottant dans les réactifs, le montage ne survenant qu'*in fine*.

Le résultat est tout simple (fig. 10, 11). Avant le 4e jour, on ne peut mettre de phosphatases alcalines en évidence avec sécurité, que ce soit dans le cytoplasme, les noyaux, les fuseaux, les chromosomes. Au moment où l'enveloppement se réalise, les premières traces apparaissent dans l'amas enveloppé au niveau de très fins granules juxtanucléaires (fig. 10, A). Rapidement l'activité se généralise à toutes les granulations de l'amas interne (fig. 10, C). Seules ses cellules produisent les ferments, et l'endophylle qui leur est accolé au 6e jour en est aussi dépourvu que le trophoblaste, ce qui confirme bien son mode de formation (fig. 11, k). Un jour plus tard, dans le jeune cylindre, la positivité continue à se limiter à l'ectophylle, et l'on remarque bientôt une suractivité en relation avec la ligne primitive.

En résumé, diverses activités coïncident et s'enchevêtrent dans le cytoplasme germinal des Rongeurs. Durant l'oogenèse, les mitochondries surgissent de plus en plus nombreuses, et elles sont réparties au moins en deux catégories. Pendant le clivage, elles se raréfient et beaucoup d'entre elles augmentent de taille. Lors de l'enveloppement, celles des cellules externes s'agglomèrent en amas, tandis que de minuscules granules, probablement d'un type nouveau, peuplent l'amas interne. L'A. R. N., de son côté, apparaît d'abord associé à la croissance de l'oocyte, semble ensuite être simplement consommé durant la segmentation, puis réapparaît lié aux synthèses de l'amas enveloppé et de l'ectophylle. C'est dans cette activité qu'interviennent sûrement aussi les phosphatases alcalines, dont l'apparition semble précéder la recrudescence de la basophilie. Les mucopolysaccharides ont un comportement d'allure indépendante. Ils augmentent par l'activation et la fécondation, puis au cours du clivage, pour prospérer surtout dans la couche enveloppante. C'est, semble-t-il, un matériel nécessaire aux annexes fœtales.

2. — *Modifications nucléaires*

Certes, il n'était guère prévu, en entamant ces recherches, d'y glaner des données nouvelles quant à la constitution des noyaux. Sans doute était-il au programme de procéder, avec J. Pasteels, à des mesures photométriques destinées à suivre l'évolution de l'A. D. N. (1). Nous supposions que ce corps présenterait des

(1) Acide désoxyribonucléique, normalement lié à la substance des chromosomes.

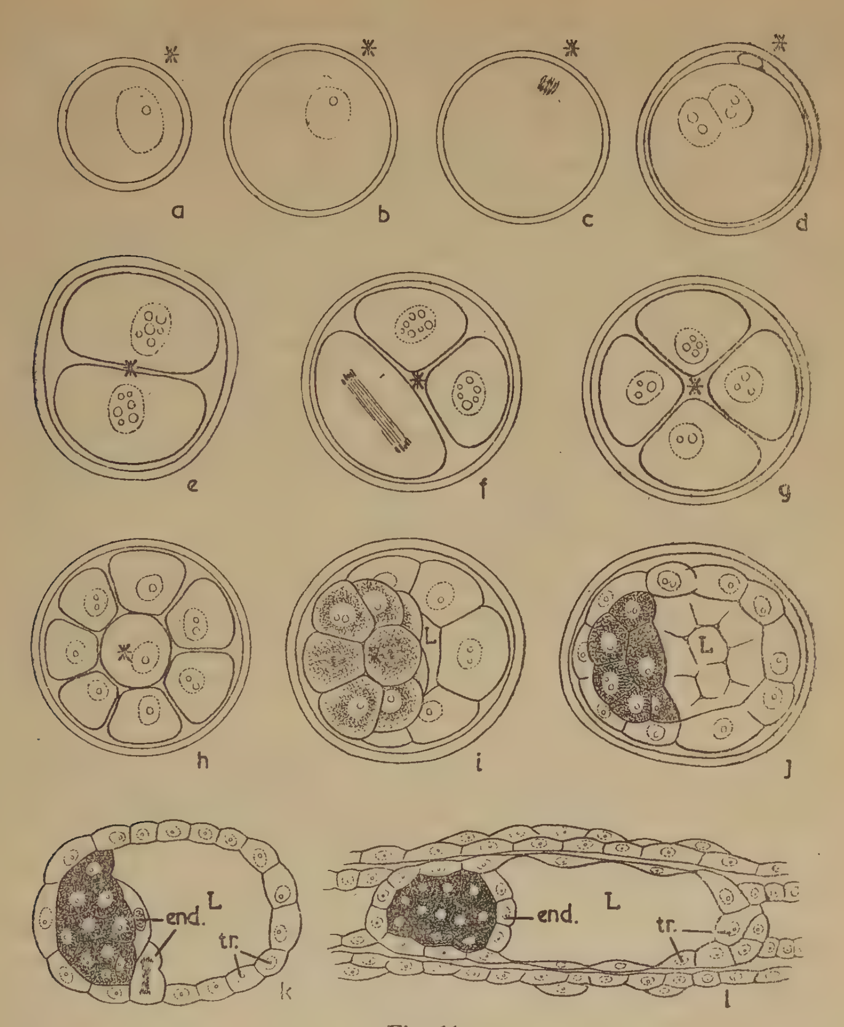


Fig. 11

Apparition de la phosphatase alcaline chez le Rat. Même disposition des stades et mêmes légendes que dans les fig 5 et 9. Le ferment ne devient décelable qu'à partir du stade i, uniquement dans le cytoplasme de l'amas enveloppé. (D'après J. MULNARD, 28.)

variations quantitatives, que nous aurions aimé rapprocher de celles reconnues chez l'Oursin par Lisen et Pasteels (1951), mais cela reste à l'état de projet. Ce que nous n'imaginions pas rencontrer, ce sont des modifications qualitatives de l'A. D. N., en même temps que des images révélatrices de structures singulièrement significatives. Ces constatations, qui ont absorbé le matériel disponible, n'ont pas permis jusqu'ici la récolte des stades en vue des mesures,

mais celles-ci ne pourront que gagner à avoir été différées, car elles bénéficieront des progrès techniques récents.

C'est la qualité de la fixation et la possibilité d'analyser intégralement chaque noyau, sans aucune altération, qui ont permis certains progrès de nos connaissances.

A. — La localisation de l'A. D. N. dans les vésicules germinatives. La réaction nucléale appliquée après fixation aux vapeurs osmiées intéresse les noyaux d'une façon si générale qu'on peut à nouveau se demander, malgré les réfutations déjà acquises de cette hypothèse (29), si une part de l'A. D. N. ne serait pas indépendante des chromosomes et par conséquent en suspension dans le suc nucléaire. La centrifugation des oocytes permet d'écarter une fois de plus cette idée, car la réaction se limite alors au peloton des chromosomes refoulés en direction centrifuge (16, 17). Il reste de cette vérification l'assurance que cette fixation saisit les chromosomes dans leur état naturel de dispersion.

B. — Relation entre chromosomes et nucléoles. On sait depuis longtemps combien développé est l'appareil nucléolaire dans les blastomères des Mammifères. La cytologie générale pouvait aussi inciter à faire admettre une liaison entre nucléoles et chromosomes, mais ce n'était qu'une déduction.

Le montage *in toto* permet de saisir ces relations avec toute la clarté désirable. Dans les noyaux des grands oocytes, un certain nombre de chromosomes sont rattachés à la surface du nucléole principal, qui est enrobé d'une gangue (continue ou non ?) positive au Feulgen.

Une série d'autres chromosomes, indépendants des premiers, sont reliés à des nucléoles plus petits. Les chromosomes sont des filaments extrêmement ténus, ponctués de petits corpuscules, qui pourraient être des micronucléoles (17). Dans les pronucléi bien constitués et les œufs divisés en 2 ou en 4 blastomères (fig. 2, B), il existe des nucléoles multiples, de taille inégale, dont le cortex est en continuité avec le pédicule de filaments chromosomiaux d'une très grande finesse. Cette complexité se maintient un peu plus longtemps chez le Hamster (fig. 3). Aux stades suivants, le nombre des nucléoles se réduit, il n'en reste bientôt plus qu'un seul volumineux, et tout ligoté par les « racines » des chromosomes.

C. — Teneur des nucléoles en A. R. N. Les nucléoles des pronucléi et des jeunes blastomères sont loin d'être uniformément chargés d'A. R. N. Certains d'entre eux paraissent bien être purement protidiques (la réaction de Polister est toujours positive)

tandis que d'autres n'ont d'abord qu'une faible teneur en ribonucléines. C'est seulement au stade VIII que cette période de forte variabilité est dépassée (fig. 2, C).

D. — L'A. D. N. pendant la fécondation. Il est communément admis que la tête du spermatozoïde est un simple agglomérat de chromosomes qui s'écartent les uns des autres lors du gonflement en un pronucléus et reviennent ainsi à l'état caractéristique du noyau quiescent. Cette conception classique — dont à vrai dire on s'aperçoit tout à coup que les bases objectives sont fragiles — s'est trouvée en défaut lorsque la fécondation du Rat et du Hamster a pu être étudiée pa K. S. Ludwig, grâce aux montages *in toto* et à leur judicieuse appropriation (26, 27).

C'est la première fois que la fécondation est scrutée méthodiquement, phase par phase, chez le Mammifère. Les quelques documents épars dans la littérature, et auxquels on a fait confiance pour admettre une étroite analogie avec les Invertébrés ou les Amphibiens (groupes qui eux-mêmes demandent à être réexaminés à la lumière des présentes informations), ne sont que des trouvailles sporadiques et d'une qualité technique souvent relative. Or, voici comment les choses se passent, dans les termes mêmes de la note préliminaire où sont annoncées ces constatations (fig. 12 et 13) :

« 1re phase. — La prise de contact. Le spermatozoïde perfore » la zone pellucide qui se décolle immédiatement et l'espace péri- » vitellin est déjà formé alors qu'une partie du flagelle est encore » à l'extérieur. La tête spermatique s'applique par toute sa lon- » gueur sur la surface de l'ooplasme, tandis que la queue ondule » sur le plasmolemme. La tête peut être située à toute latitude, » mais de préférence dans la moitié animale. L'orientation du » fuseau reste tangentielle. Ses chromosomes, comme la tête sper- » matique, sont colorables par le vert de méthyle et le Feulgen.

» 2e *phase*. — Incorporation du spermatozoïde. La tête sper- » matique s'enfonce dans l'ooplasme, qui la recouvre. Il est diffi- » cile de dire dans quelle mesure la pièce intermédiaire et le flagelle » pénètrent, car ils subissent rapidement, en tout ou en partie, une » sorte de lyse dont on surprend les débris pyronophiles. Immédia- » tement, la tête se met à gonfler. Son acrosome se détache, pâlit » et se lyse. La partie nucléaire forme une vésicule claire, d'abord » un peu allongée ; seule sa périphérie montre des traces de colo- » rabilité par la pyronine et, plus en dehors, par le vert de méthyle » ou le Feulgen (fig. 12, A). Le réactif de Schiff appliqué *sans* » *hydrolyse préalable* colore légèrement mais nettement ces mêmes » matériaux périphériques. Il n'y a pas d'aster ♂ décelable ni de

» signe de rotation. Simultanément, le fuseau pivote, devient ra-
» diaire, et l'expulsion du 2d globule polaire survient très vite. A
» la télophase, le jeune pronucléus ♀ présente la même évolution
» que le pronucléus ♂ : aspect de vésicule claire, coque irrégu-
» lière *prenant la pyronine* et le vert de méthyle en dehors
» (fig. 12, B), traces de Feulgen et *Schiff positif* au même niveau.
» Ces modifications manquent dans le noyau du globule polaire.

» 3e phase. — Formation des pronucléi. Autour de la vésicule
» nucléaire de chaque pronucléus apparaît (fig. 13 A) probable-
» ment par imbibition, une zone claire, dont la limite répond à la
» future membrane nucléaire (fig. 13, B). Dans la vésicule elle-
» même se dessinent des filaments *pyroninophiles*, *Schiff positifs*,
» mais ne prenant ni le vert de méthyle ni le Feulgen (la périphérie
» est aussi devenue négative). L'espace occupé par la vésicule aug-
» mente aux dépens de la zone claire. Au sein du réseau intérieur
» apparaît un intervalle qui devient un assez gros nucléole très
» légèrement rosé. Au cours des heures suivantes, quand plusieurs
» autres nucléoles se seront formés, les réactions habituelles de
» l'A. D. N. réapparaîtront dans les filaments chromosomiaux, au
» contact des nucléoles, et en premier lieu, sur le gros nucléole
» initial. »

Le fait remarquable, et solidement établi, est qu'au moment de la fécondation il se produit non pas quelque variation quantitative de l'A. D. N., ce qui serait resté dans le cadre des éventualités prévisibles, mais une modification qualitative de ce constituant essentiel. Les chromosomes se dépouillent de ce qui implique ordinairement leur affinité pour le vert de méthyle et la nécessité de l'hydrolyse pour qu'ils se colorent, comme dans le Feulgen usuel, par le réactif de Schiff. A première vue, les choses se passent comme si l'effet habituel de l'hydrolyse sur l'A. D. N., la scission présumée en base purique et acide « thymique », se produisait spontanément dans les jeunes pronucléi. Il faut souligner que cette altération, dont la nature biochimique reste à préciser, ne s'opère pas seulement dans le pronucléus ♂ mais aussi dans la reconstitution télophasique du noyau ovulaire, après la seconde cinèse de maturation.

Dans les deux cas, c'est ce même processus qui amène la réapparition de la membrane nucléaire qui procède d'une sorte de condensation se produisant à distance respectable de chaque amas chromosomial ; d'où la taille remarquable des pronucléi. Ainsi donc, leur membrane résulte apparemment d'une néoformation. Les modifications nucléaires ainsi observées ne sont évidemment pas propres, intrinsèques, au noyau lui-même, mais dépendant de conditions cyto-

plasmiques ; elles doivent être considérées comme l'effet sur le noyau de l'*activation du cytoplasme*. On retrouve là un ordre d'idées qui se relie à celles défendues par A. Brachet à propos de la fécondation prématurée chez l'Oursin (1922), par moi-même à propos de la formation du pronucléus autour d'un spermatozoïde rendu « inaltérable » par la trypaflavine (1931). On aperçoit dès à présent un enchaînement dans les processus activateurs : le contact de l'acrosome altère le cortex, la réaction de celui-ci affecte l'ensemble du cytoplasme, dont la modification retentit sur les complexes nucléaires.

Quoi qu'il en soit, cette activation nucléaire aboutit à la réapparition du premier nucléole, puis de ses congénères de plus en plus nombreux. C'est dans la zone de liaison entre ces vésicules d'abord protidiques, puis, peu à peu, ribonucléiques, que s'opère secondairement la synthèse du véritable A. D. N. Il est donc vraisemblable que des événements analogues doivent survenir à chaque télophase, ce qui serait conforme à la notion, atteinte par M. Herlant chez l'Oursin (1920), que la phase d'activation est physiologiquement homologue à une ana-télophase. Il y aura donc lieu de rechercher si les noyaux télophasiques ne passent pas par une phase où ils sont positifs au Schiff.

En résumé, les constatations faites chez le Mammifère par le montage *in toto* sont bien près de bouleverser les conceptions reçues quant à la constitution du noyau. Durant la croissance de l'oocyte, les chromosomes de la vésicule germinative ont une activité liée à celle de divers nucléoles et l'on soupçonne là des modifications qualitatives dont l'étude est dès à présent entreprise par un de mes élèves. Lors de la fécondation, c'est à la faveur d'une altération qualitative profonde, imposée par les changements activateurs du cytoplasme, que se rétablit l'interaction entre nucléoles et chromosomes, et, par elle, le cycle des diverses synthèses, notamment celle de l'A. D. N.

Une notion générale ressort de ces données nouvelles : contrairement à une idée qui a pu paraître momentanément séduisante (cf. 22), les macromolécules d'A. D. N. ne sont pas, dans les chromosomes, des constituants permanents, qui pourraient être légitimement assimilés aux gènes. L'A. D. N. est déjà un métabolite résultant de l'activité propre des chromosomes, et l'on est ainsi conduit à appuyer l'hypothèse que ceux-ci, comme le pense P. Gérard (1953), auraient pour substrat permanent un système de macromolécules protidiques. Il ne faut cependant pas perdre de vue que c'est là une déduction *per exclusionem*.

3. — *Orientation biochimique générale de l'ontogenèse précoce chez les Mammifères*

Dans l'état actuel de la prospection cytochimique réalisée sur les germes de quelques Mammifères, en s'appuyant sur des informations surtout qualitatives et souvent, cependant, semi-quantitatives, on peut proposer pour la période initiale de l'ontogenèse — *celle qui, chez tous les espèces, s'étend sur 7 à 10 jours, quelle que soit la durée de la portée elle-même,* — un certain enchaînement général des activités métaboliques.

La période anabolique ovarienne assure la synthèse de protides, de mitochondries avec leur fantastique équipement enzymatique, de microsomes où prime l'A. R. N., éventuellement de lipides surtout localisées dans la moitié présomptivement ventrale, de polysaccharides uniformément répartis, de mucopolysaccharides encore diffus et liés aux constituants de la moitié dorsale ; il n'y a pas d'élaboration apparente d'A. D. N. ni d'une réserve d'A. R. N. nucléolaire ; on n'a pas pu mettre en évidence une phosphatase alcaline. Ces activités aboutissent assez vite à un état d'inertie relativement précoce : l'œuf reste alécithique, probablement parce que l'organisme, comme le suggèrent les recherches de Clavert sur les Oiseaux (1951), ne fournit pas à l'ovaire et à ses follicules les vitellines et autres apports nécessaires à la vitellogenèse.

Après la fécondation, il semble permis de dissocier — avec toutes les réserves d'artificialité qu'une telle démarche comporte — trois orientations dans le métabolisme.

La première est d'ordre général, purement intrinsèque au germe, et vise à sa cellularisation. Elle comporte la synthèse du substrat propre aux chromosomes, celle de l'A. D. N. (totale ou partielle ?), celle des protides des nucléoles et de l'A. R. N. associé à ceux-ci. S'inscrit en contre-partie, au titre du catabolisme, l'appauvrissement en granules, tant mitochondries (dont certaines s'accroissent ou s'agglutinent ?) que microsomes (d'où la diminution de basophilie), en protides, éventuellement en lipides (Cobaye, Taupe).

Le second ordre d'activité doit probablement être mis en rapport avec la nidation : c'est la synthèse de mucopolysaccharides. Il est jusqu'à présent le seul anabolisme qui paraisse s'installer d'emblée dans le cytoplasme. Au début, il intéresse l'ensemble du germe et a une allure cyclique, mais par la suite il se localise dans le feuillet enveloppant, pour devenir momentanément caractéristique du trophoblaste et du placenta.

Le troisième type d'activité concerne la croissance de l'embryon, principalement celle de l'amas enveloppé et de son dérivé,

l'ectophylle. D'après les quelques informations dont on dispose sur l'interruption de la gravidité après extirpation des corps jaunes ou après hypophysectomie, il y a de fortes présomptions pour que cette activité ne soit plus intrinsèque au germe, mais subordonnée aux apports hormonaux. A mes yeux, la croissance commence dès la phase d'enveloppement, que j'estime ne pouvoir être réalisée sans un début d'augmentation de la masse de protoplasme. Très vite après cette manifestation initiale de la morphogenèse, l'appréciation cesse d'être subjective, puisque l'amas interne ou, bientôt après, l'ectophylle ont un volume qui dépasse celui de l'œuf entier, au départ. Or, c'est quand commence l'enveloppement que la phosphatase alcaline apparaît dans les cellules enveloppées, et existe bientôt dans tous les granules minuscules dont elles sont farcies. Tout de suite après, ces mêmes granulations, — à moins que ce ne soient des congénères interposées entre elles — se montrent chargées d'A. R. N. Ainsi sont établis les rouages biochimiques apparemment nécessaires à une synthèse de protides qui ne va pas manquer de se produire avec exubérance. Il paraît donc permis d'envisager à ce point de vue l'éveil d'un *anabolisme subordonné à l'hormone lutéotrophique.*

Ces trois orientations fondamentales du métabolisme germinal, ainsi reconnues chez le Mammifère, se combinent de manière à réaliser une *différenciation biochimique.* Celle-ci s'accomplit elle-même en trois étapes. Durant la formation de l'oocyte, le cytoplasme de ce dernier acquiert un dispositif structural (*pattern*) polarisé et symétrisé, grâce à la répartition des mitochondries, des microsomes, et éventuellement du paraplasme. Pendant les trois premiers cycles de segmentation, les transformations nucléaires et cytoplasmiques sont d'ordre général, le dispositif structural ne les influence pas de manière apparente. Après le stade à VIII blastomères, ce dispositif rentre en scène pour affecter le rythme des cinèses, la nature des divers granules cytoplasmiques, l'élaboration des mucopolysaccharides, la synthèse des ribonucléines, celle de la phosphatase alcaline et sans doute de bien d'autres ferments. Cette différenciation biochimique de plus en plus raffinée ne pourrait s'expliquer si l'on n'avait reconnu l'existence, au départ, du dispositif structural de l'œuf vierge. Les transformations graduelles sont intimement liées aux interactions cyto-nucléaires. Il faudra s'efforcer de savoir s'il s'agit déjà d'actions géniques ou d'activités plus générales du complexe représenté par les chromosomes, les nucléoles et le nucléoplasme.

IV. — Signification générale

L'investigation embryologique a toujours été riche en rebondissements imprévus. L'exploration cytochimique du germe des

Mammifères en est un nouvel exemple, bien qu'elle sorte à peine de la période des tâtonnements ingrats et que les informations recueillies ne concernent encore que des aspects sans doute importants, mais limités. On ne peut s'en étonner si l'on réfléchit aux conditions exceptionnellement favorables qu'offre ce matériel. Non seulement la morphochorèse s'y produit au sein d'un système protoplasmique presque pur, chargé d'un peu de paraplasme mais dépouillé de tout vitellus vrai ; elle s'accomplit aussi avec une lenteur solennelle, malgré la température à laquelle les processus se déroulent. L'analyse peut donc dissocier les étapes d'événements ailleurs précipités. Ces avantages compensent largement les sacrifices économiques qu'impose l'élevage des animaux et les difficultés de manipulation. Il y a d'autant moins de raisons de s'arrêter à ces obstacles que ces études recèlent, comme je suis amené à le développer dans un autre article (18) la promesse d'une véritable Embryologie causale des Mammifères. Un tel progrès scientifique aurait pour la connaissance de ce groupe zoologique supérieur et pour la Médecine humaine et vétérinaire un intérêt évident.

A.-M. DALCQ.

Résumé

Cet article récapitule les investigations faites par l'auteur et ses collaborateurs, durant les 7 dernières années, sur l'organisation, la structure et l'évolution des constituants chimiques dans l'œuf de divers petits Mammifères. En considérant surtout les mitochondries, les nucléoprotéines, les mucopolysaccharides et la phosphatase alcaline, il est montré comment s'établit dans le germe, au cours de la première décade de son développement, une différenciation biochimique bien définie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Boulanger E. — L'organisation cytoplasmique de l'oocyte ovarien de Souris, étudiée « in vivo » et « in toto ». *C. R. Ass. Anat.*, 38, 206-211, 1951.
2. Brachet A. — Recherches sur la fécondation prématurée de l'œuf d'Oursin (*Paracentrotus lividus*). *Arch. de Biol.*, 32, 205-248, 1922.
3. Brachet (J.). Embryologie chimique. Liége (Desoer), Paris (Masson), 1944.
4. Clavert (J.). — L'influence de l'hormone femelle sur la structure du foie du Pigeon. *Arch. Anat. micr.*, 40, 1-21, 1951.
5. Dalcq (A.). — Contribution à l'analyse des fonctions nucléaires dans l'ontogenèse de la Grenouille. I. Etude cytologique des œufs fécondés par du sperme trypaflaviné. *Arch. Biol.*, 41, 144-220, 1931.
6. Dalcq (A.). — Une indication toute récente au sujet de l'œuf des Mammifères... Discussion du rapport de E. Wolff, *C. R. Sté Biol.*, 142, 1306, 1948.
7. Dalcq (A.) et Jones-Seaton (A.). — La répartition des éléments basophiles dans l'œuf du Rat et du Lapin et son intérêt pour la morphogenèse. *Bull. Cl. Sc. Ac. Rle Belg.*, 5e sér., 35, 500-511, 1949.

8. Dalcq (A.). — La morphogenèse dans le cadre de la biologie générale. *Actes Sté helv. Sc. nat.*, 129e Réun., Lausanne, 37-72, 1949.

9. Dalcq (A.). — New descriptive and experimental data concerning the mammalian egg, principally of the Rat. *Proc. Kon. Ned. Ak. d. Wet.*, série C, 54, 351-372 et 469-477, 1951.

10. Dalcq (A.). — L'œuf des Mammifères comme objet cytologique (avec une technique de montage « *in toto* » et ses premiers résultats). *Bull. Ac. Roy. Méd. Belg.*, 17 (6e série), 236-264, 1952.

11. Dalcq (A.). — La coloration vitale au bleu de toluidine et sa manifestation métachromatique. *C. R. Sté Biol.*, 146, 1408-1411, 1952.

12. Dalcq (A.) et Massart (L.). — Aspects physico-chimiques de la métachromasie *in vivo* au bleu de toluidine. *C. R. Sté Biol.*, 146, 1436-1439, 1952.

13. Dalcq (A.). — Sur la métachromasie *in vivo* au bleu de toluidine et sa réapparition au cours du développement. *C. R. Ass. Anat.*, 39e Réun., 513-516, 1952.

14. Dalcq (A.) et Van Egmont (M.). — Effets de la centrifugation sur l'oocyte de trois Mammifères (Rat, Hamster, Taupe). *Arch. de Biol.*, 64, 312-397, 1953.

15. Dalcq (A.). — Fixation de l'œuf des Mammifères et répartition dans celui-ci des acides ribonucléiques. *C. R. Sté Biol.*, 159, 1259-1261, 1953.

16. Dalcq (A.). — Fixation de l'œuf des Mammifères, détection de l'acide désoxy-ribonucléique et relation de celui-ci avec les chromosomes. *C. R. Sté Biol.*, 159, 1261-1263, 1953.

17. Dalcq (A.). — La fixation des acides nucléiques dans l'œuf des Mammifères. *Rev. méd. Nancy*, août 1953, 606-620.

18. Dalcq (A.). — Vers une Embryologie causale des Mammifères, *Gazeta Medica portuguesa*, 7, 1954. (Sous presse.)

19. De Geeter (L.). — Structure de l'œuf ovarien *in vivo* et aspect cytologique de quelques stades précoces du développement chez le Cobaye. *C. R. Ass. Anat.*, 38e Réun., 362-368, 1951.

20. De Geeter (L.). — Etudes sur la structure de l'œuf vierge et les premiers stades du développement chez le Cobaye et le Lapin, *Arch. de Biol.*, 65, 1954. (Sous presse.)

21. Gallera (J.). — Sur la distribution de l'acide ribonucléique chez la Souris pendant le développement embryonnaire jusqu'au stade de la ligne primitive. *C. R. Sté Biol.*, 140, 1155-1157, 1946.

22. Gérard (P.). — Considérations sur l'importance génétique des constituants de la chromatine. *Bull. Cl. Sc. Ac. Roy. Belg.*, 38, 5e série, 1246-1254, 1952.

23. Herlant (M.). — Le cycle de la vie cellulaire chez l'œuf activé. *Arch. Biol.*, 30, 517-600, 1920.

24. Jones-Seaton (A.). — Etude de l'organisation de l'œuf des Rongeurs, principalement quant à la basophilie ribonucléique. *Arch. Biol.*, 61, 291-444, 1950.

25. Lison (L.) et Pasteels (J.). — Etudes histophotométriques sur la teneur en acide désoxyribonucléique des noyaux au cours du développement embryonnaire chez l'Oursin. *Arch. Biol.*, 52, 1-64, 1951.

26. Ludwig (K. S.). Sur quelques aspects cytologiques et cytochimiques de la fécondation chez les Rongeurs. *C. R. Ac. Sc.*, 237, 496-498, 1953.

27. Ludwig (K. S.). — Das Verhalten der Thymonukleinsäure (D. N. A.) während der Befruchtung und den ersten Segmentationsstadien bei der Ratte und dem Goldhamster, *Arch. Biol.*, 65, 135-178, 1954.

28. Mulnard (J.). — La phosphatase alcaline dans le développement embryonnaire du Rat et de la Souris. De l'oocyte au début de la ligne primitive. *C. R. Sté Biol.*, 159, 1477-1480, 1953.

29. Ris et Mirsky. — The state of the chromosomes in the interphase nucleus. *J. Gen. Phys.*, 32, 488-502, 1948.

30. Srivastava (M. L. D.). — An introduction to the *Comparative Anatomy of Vertebrates*. Pothishala, édit., Allahabad.

L'AMÉNAGEMENT AGRICOLE DES RÉGIONS SÈCHES DE L'U.R.S.S.

par Jean TRICART

Professeur à la Faculté des Lettres de Strasbourg

Sous le nom de « Chantiers du communisme », le gouvernement soviétique a mis en train un vaste plan destiné à élever considérablement le niveau de vie au moyen d'un accroissement massif de la production agricole et industrielle. L'un de ses aspects essentiels consiste à gagner à l'agriculture intensive les vastes régions de steppes des bords de la Caspienne, du littoral septentrional de la Mer Noire, du Kouban et de l'Ukraine orientale ainsi qu'une partie des déserts de la Basse Asie centrale. Il s'agit de changer complètement les conditions géographiques des régions intéressées et c'est pourquoi l'homme de la rue a donné à ce programme d'aménagement le nom de « plan stalinien de transformation de la nature ».

LE MILIEU GÉOGRAPHIQUE est particulièrement défavorable à une mise en valeur agricole stable. C'est principalement du côté du climat que viennent les obstacles : la région présente toutes les formes de transition entre les célèbres terres noires de l'Ukraine moyenne et le désert. La côte de la Mer Noire et la région de Rostov reçoivent 300 à 400 mm de pluies, de même que les bords de la Volga moyenne entre Kouibichef et Stalingrad, mais la sécheresse s'accentue rapidement vers les bords de la Caspienne. Toute la région d'Astrakhan et du cours inférieur de la rivière Oural reçoivent seulement moins de 200 mm tandis qu'en Turkménie, entre l'Amou-Daria et la Caspienne, s'étend le désert du Kara-Koum, où la pluviosité moyenne annuelle n'atteint qu'une cinquantaine de millimètres. Sous le rapport de l'humidité, la région se compare à l'Oranie, aux Hauts-Plateaux et aux Territoires du Sud algériens.

Mais ces totaux annuels moyens, comme ceux de toutes les régions sèches, recouvrent de fortes irrégularités. Il n'est pas rare que les chiffres effectifs varient du simple au double ou au triple d'une année à l'autre. Il en résulte que les récoltes sont très aléatoires. Les années pluvieuses, les céréales (blé et orge), sont susceptibles de donner des récoltes satisfaisantes (10 à 15 qx/ha.), mais les années sèches entraînent des catastrophes : on ne recueille même pas la semence. Tel fut le cas, en 1923, de la fameuse famine de la Volga, qui, survenant au lendemain de la guerre civile dans un pays dévasté et désorganisé, fit des centaines de milliers de victimes.

Sécheresse et irrégularité des pluies ne sont pas les seules difficultés climatiques offertes par cette région. Le climat est très conti-

nental et présente de fortes différences de température entre l'été et l'hiver. Malgré la latitude assez méridionale (celle de la France et de la Méditerranée) les hivers sont très froids, seuls les abords du Kara-Bougaz ayant une moyenne de janvier voisine de 0°, tandis qu'à Stalingrad on enregistre — 10 et sur le cours moyen de l'Oural — 12 et — 13°. Ces basses températures sont d'autant plus nuisibles pour l'agriculture que le climat sec ne permet que de médiocres chutes de neige, qui protègent insuffisamment le sol. Dans les conditions naturelles, les blés d'hiver sont à peu près exclus.

Le vent est également un ennemi très dangereux de l'agriculture. Il est particulièrement violent sur ces immenses étendues planes et dénudées et accentue la continentalité du climat. En hiver, glacé, il rend les températures peu supportables et chasse la neige, découvrant le sol sur de vastes surfaces et accumulant des congères sur les moindres obstacles. Les voies ferrées doivent être protégées par des clayonnages même quand elles courent à même le sol. Les endroits d'où la neige est enlevée sont davantage affectés par le gel et perdent, au printemps, une précieuse humidité provenant de la fonte. En été, le vent du Sud-Est et de l'Est, venu des déserts de l'Asie centrale, est brûlant et dessèche souvent les récoltes sur pied, faisant ouvrir les épis dont une bonne partie du grain est perdue. Il soulève des tourbillons de poussière, formées par les parties fines superficielles du sol et joue ainsi un rôle important dans l'érosion de ce dernier. La rive Ouest du Don vers Sérafimovitch est toute couverte de dunes, formées aux dépens du sable charrié par le fleuve. Par son action sur la végétation et les sols le vent est donc particulièrement dangereux.

La violence des précipitations estivales, qui tombent toujours sous forme d'averses orageuses, est également un danger pour les sols. Elles ruissellent sur les moindres pentes et s'y concentrent le long des creux où, en quelques années seulement, elles réussissent à creuser dans les formations meubles qui dominent dans la région, des ravins aux versants abrupts, les ovraghi. Les parois de ces derniers reculent par pans entiers lors du dégel aussi bien que lors des averses et rongent les interfluves à une vitesse extraordinaire, de l'ordre de plusieurs mètres par an. Aux abords des grandes vallées, où ils sont particulièrement développés, ils engendrent un paysage chaotique, où le relief rend toute culture impossible. Naturellement, la mise en valeur agricole accélère considérablement leur développement en activant le ruissellement. Ils constituent aussi un danger contre lequel il faut lutter. Dans des conditions climatiques comparables, le centre-ouest des U. S. A. a vu disparaître, sous l'effet de l'érosion des sols, en une cinquantaine d'années, le quart de ses sols cultivables

On s'explique dès lors que la mise en valeur de la région soit médiocre et incomplète. Les steppes des abords de la Caspienne sont restées très longtemps le domaine des Tartares nomades et la colonisation russe des cosaques s'y est effectuée principalement le long des fleuves, voies de communication et de commerce par excellence. Le peuplement est resté très lâche, de l'ordre de 5 à 10 habitants par km².

sous la forme de gros villages tassés dans les vallées secondaires, perdus au milieu de la steppe aux plantes ligneuses et odorantes. Jusqu'à présent, le pouvoir soviétique s'est contenté d'améliorer les méthodes de mise en valeur, sans leur faire subir une véritable révolution. Les cultures de céréales ont été étendues dès les années 1920 dans le Kouban, notamment sous la forme de grands sovkhozes, pour aider à résoudre la crise alimentaire dans les villes. C'est dans ces exploitations que l'on fit l'expérience de la mécanisation. Cette dernière, en permettant de rentrer les récoltes beaucoup plus vite et de faire aussitôt les labours d'automne, en délivrant du terrible souci de la nourriture des animaux de travail, améliora considérablement les conditions de production. Les rendements se haussèrent à une moyenne de 10-12 qx/ha, comparable à ce qu'obtiennent les exploitations les mieux outillées de l'Oranie ou du Middle West des U. S. A. dans des conditions climatiques comparables. Mais l'influence néfaste du climat était seulement atténuée, elle n'était pas annihilée. Le risque de mauvaises années, où les rendements tombaient à 6-7 qx/ha, persistait. De plus, la culture mécanisée des céréales aggravait l'érosion des sols. Enfin, de vastes espaces sont encore occupés par la steppe et utilisés seulement par l'élevage, chèvres et moutons (mouton d'Astrakhan) principalement. L'aménagement de quelques points d'eau permit de développer cet élevage et d'introduire des troupeaux de bovins.

Les méthodes utilisées jusqu'à présent, fondées sur des techniques analogues à celles qu'on utilise en Oranie ou dans l'Ouest des U. S. A. ont permis de hausser l'agriculture des steppes caspiennes au niveau de celle de ces régions. Mais le milieu géographique peu favorable maintient la production à un niveau médiocre. Le développement de cette dernière suppose un changement radical dans les méthodes employées. Il suppose que l'homme s'attaque au milieu géographique lui-même, qu'il le modifie. Telle est la conception qui est à la base du plan stalinien de transformation de la nature.

Les principes du plan stalinien de transformation de la nature. — Ils consistent à modifier complètement les conditions géographiques, sur une échelle inconnue jusqu'à ce jour. Quatre problèmes principaux sont résolus simultanément : l'équipement de grandes voies de communication modernes, la création d'importantes sources d'énergie, la lutte contre l'érosion des sols et la modification du mésoclimat et des conditions écologiques. Une série de lois promulguées en 1948 fixe les grandes lignes des travaux d'aménagement qui sont actuellement en plein cours de réalisation. Du point de vue technique, il est possible de distinguer, à l'intérieur du plan, deux séries de travaux de nature différente.

a) *Les aménagements hydrauliques.* — Ils consistent en un système de barrages et de canaux dont les utilisations sont multiples : création de grandes voies navigables modernes, production d'énergie hydro-électrique, réservoirs pour l'irrigation, nappes d'eau contribuant à

modifier le mésoclimat. Ces aménagements sont donc caractérisés par une conception hautement synthétique, qu'on retrouve d'ailleurs chez nous, par exemple à Donzère.

L'Amou-Daria, la Volga, le Don et le Dniepr présentent une série de caractères communs : ce sont des fleuves de plaine, au cours en pente très faible, coulant dans de larges vallées où les rétrécissements, tout relatifs, sont rares. Ainsi, à Stalingrad, celle de la Volga atteint 50 km. de large et juste en amont de la ville, le resserrement choisi pour l'édification du grand barrage a encore 15 km. de largeur. L'équipement d'hydrocentrales suppose l'édification de digues gigantesques, d'une longueur considérable et d'une hauteur de 15-25 m. afin de disposer d'une chute suffisante. Etant donné l'ampleur des vallées et leur faible pente, les barrages entraînent la formation de retenues de dimensions gigantesques, complaisamment désignées par les Russes du nom de « mers ». Celle de Tsimlianskaïa atteint 200 km. de long et jusqu'à 38 de large, celle de Kouibichef en aura 500 et jusqu'à 40. Ces véritables lacs adouciront, à la manière du Léman ou des Grands Lacs de l'Amérique du Nord, le climat de leurs rives et la quantité considérable d'eau que l'évaporation fournira à l'atmosphère accroîtra les pluies orageuses dans leur voisinage. Ils auront aussi un effet considérable sur le régime des fleuves : ce dernier est caractérisé par une forte irrégularité annuelle. Les trois quarts des eaux s'écoulent lors de la crue de printemps et la fin de l'été voit des maigres accentués, au moment même où les riverains ont le plus besoin d'eau et où la navigation est la plus active, après les récoltes et avant le gel hivernal qui la paralyse complètement. L'importance des barrages sera suffisante pour emmagasiner les crues de printemps moyennes et relâcher leurs eaux tout le long de l'été. Sur la Volga, seulement 10 % du volume des crues devra passer directement par le déversoir les années de crues exceptionnellement abondantes. Il sera donc possible d'assurer une marche régulière aux centrales hydroélectriques pendant toute la période où le gel n'entrave pas l'écoulement des eaux. La construction de barrages gigantesques est donc indispensable pour permettre une exploitation rationnelle des usines sur des fleuves pris par la glace trois à quatre mois par an et au régime très irrégulier le reste de l'année. Le problème est de même nature que celui que les Américains eurent à résoudre avec le Boulderdam sur le Colorado, avec les difficultés supplémentaires du gel et de la largeur de la vallée et un aménagement plus poussé puisque les fleuves servent également à la navigation. Cette dernière va également profiter beaucoup des barrages. Les maigres de l'été font en effet découvrir dans le lit des fleuves de nombreux bancs de sable au contour instable. Ils gênent beaucoup la navigation et obligent à utiliser seulement des bateaux à fond plat et à faible tirant d'eau (1 m. à 1,5 m. sur le Don inférieur). Les barrages permettront de régulariser le débit et de supprimer les maigres, les lacs de retenue créeront des profondeurs suffisantes. Toute une nouvelle flotte fluviale est en cours de construction, avec un tirant d'eau de 3-3,5 m. et les petits navires de mer pourront même emprunter

les nouvelles artères. Les conditions économiques des transports sont modifiées du tout au tout.

Les hydrocentrales jumelées aux barrages sont au nombre de cinq, dont une, celle de Tsimlianskaïa, a déjà commencé, depuis le début de juillet dernier, à fournir du courant. Deux générateurs y sont en fonction. Les centrales sont situées sur le cours inférieur des fleuves, à l'entrée des régions sèches, car leurs lacs de retenue servent de réservoirs pour les irrigations. Sur le Dniepr, la centrale de Kakhovka aura une puissance de 250.000 kw et fournira 1.200.000.000 kwh. Son barrage sera le point de départ d'un important système de canaux qui irriguera la région de Kherson, le Nord de la Crimée et la côte Nord-Ouest de la Mer d'Azov, pays de sable et de graviers recouverts de sols fertiles, mais qui souffrent terriblement de la sécheresse. Une année sur trois en moyenne y est une année de sécheresse et parfois il ne tombe que 20 ou 30 mm. d'eau pendant tout l'été. Au total, le canal de la Crimée du Nord irriguera 300.000 ha. où seront développées les cultures de coton, de betterave, de fruits, de légumes, de raisin, de riz, accessoirement de blé et l'élevage. Les expériences préliminaires ont permis d'enregistrer des rendements de 40 qx/ha pour le riz, de 500 pour la betterave et de 90 pour le raisin. La centrale de Kakhovka complètera la plus vieille hydrocentrale à basse chute, celle du Dnieproguès, construite lors du premier plan quinquennal, et modernisée lors de sa reconstruction en 1947, à la suite de sa destruction par les Allemands. La moitié de la production d'électricité de la centrale de Kakhovka est destinée à l'agriculture : électrification des labours, irrigation, travaux à l'intérieur des kolkhozes.

Sur le Don est déjà construite la centrale de Tsimlianskaïa, techniquement associée au canal Volga-Don. Sa retenue est de 12 milliards 600.000.000 m³. Le barrage permet d'irriguer les steppes de Rostov, au Sud du fleuve, soit 600.000 ha. tandis que les réservoirs du Canal Volga-Don fournissent l'eau à 150.000 ha. entre Don et Volga. On a déjà construit une bonne partie des 30 000 km. de canaux permanents de distribution inscrits dans le plan. Le courant de la centrale de Tsimlianskaïa sert, pour une part, à élever l'eau dans les réservoirs du canal Volga-Don, situés jusqu'à 44 m. au-dessus du fleuve (1).

Sur la Volga, les travaux en cours comportent deux gigantesques barrages successifs. A l'aval, celui de Stalingrad profite du dernier resserrement de la vallée avant la division en bras de son cours inférieur. Son lac de retenue alimentera le canal de Stalingrad, qui courra en direction de l'Est jusqu'au fleuve Oural qu'il rejoindra près de Kalmikovo. L'eau, y circulant par gravité, permettra d'irriguer toute la rive Nord de la Caspienne, en particulier la steppe d'Astrakhan. La centrale aura une puissance de 1.700.000 kw, sensiblement plus que le plus grand barrage actuel du monde, celui de Grand Coulée, aux U. S. A. (1.400.000 kw). La production annuelle d'électricité atteindra 10.000.000.000 kwh, la moitié de toute celle de la France. Plus en amont, la centrale de Kouibichef aura une puissance légèrement supérieure (2.000.000 kw), mais fournira la même quantité de courant.

La moitié de ce dernier sera expédié sur Moscou, situé à 1.060 km. de Stalingrad et à 880 km. de Kouibichef, ce qui exigera l'équipement de lignes à super-haute tension (400.000 volts) pour lesquelles les études ont été déjà réalisées. Environ 18 % du courant servira aux besoins de l'irrigation, le reste étant mis à la disposition de l'industrie régionale.

Enfin, sur l'Amou-Daria, le plan stalinien prévoit l'irrigation d'un véritable désert et la création d'une Egypte artificielle. Une partie des eaux du fleuve, qui se perdent dans un delta marécageux et dans la mer d'Aral seront détournées vers la Caspienne par un canal de 1.010 km. de long, le canal Turkmène, qui coupe à travers le Kara-Koum. A la tête du delta, près de Noukous, un barrage de 4 m. de haut assurera une retenue réduite qui alimentera le canal et les canaux locaux d'irrigation. On ne peut créer ici un lac important car il noierait une vallée fertile et déjà intensément cultivée autour de Tachaouz. Aux abords de la Caspienne, le canal empruntera l'ancien lit asséché de l'Ouzboï, aménagé et rectifié. Mais les plus grosses difficultés se présentent dans le secteur intermédiaire. Un ancien bras de l'Amou-Daria se dirigeait, au Sud-Sud-Ouest de la mer d'Aral, vers une dépression fermée, celle de Sarikamich, dont le fond atteint la cote — 45. L'utiliser et la noyer eût été la solution la plus facile. Elle eût permis de créer un vaste lac artificiel. Mais son remplissage eût exigé de quinze à vingt ans. On décida donc de contourner la dépression au moyen d'un canal, creusé dans les sables sur 500 km. Le canal fonctionnera par gravité avec une dénivellation totale de 120 m. environ. Sur l'ancien cours de l'Ouzboï, on construit deux centrales électriques tandis qu'une troisième sera équipée à la tête du delta de l'Amou-Daria. Le déversement partiel des eaux de ce dernier vers la Caspienne fera baisser le niveau de la mer d'Aral, ce qui asséchera le delta marécageux de l'Amou-Daria et permettra son aménagement agricole. La superficie irriguée totale atteindra 7.000.000 ha. dans la région de l'Ouzboï et 800.000 ha. dans celle de l'Amou-Daria et de la dépression de Sarikamich.

b) *Les aménagements biologiques.* — C'est l'élément le plus original du plan, car rien ne s'en approche dans les autres pays. Il s'agit, par une utilisation judicieuse de la végétation, non seulement d'entraver l'érosion comme cela a été fait en bien des endroits par nos forestiers, mais de modifier le mésoclimat et de permettre sans risques l'extension des cultures. A cet effet, le plan combine la plantation d'écrans forestiers, les boisements de fixation des sols et l'application en grand de nouvelles méthodes agrobiologiques.

Les *écrans forestiers* sont destinés à la fois à modifier le mésoclimat et à supprimer la déflation des sols par le vent. Ils ont été conçus de manière à modifier totalement les caractères et la dynamique des couches les plus inférieures de l'atmosphère, sur une cinquantaine de mètres d'épaisseur, comme l'ont prouvé les expériences préliminaires menées depuis une vingtaine d'années dans certains sovkhozes de la région du Don. Le principe consiste à tirer parti à la fois de la résis-

tance des lignes d'arbres au déplacement des masses d'air au sol et des modifications apportées à l'état physique des masses d'air par l'activité biologique des plantes. De la sorte, les écrans coupent le vent et la transpiration des arbres augmente sensiblement son humidité relative. Le vent brûlant de l'été perd de sa force et cesse de soulever des tourbillons de poussières. Il perd du même coup aussi son caractère desséchant.

Les expériences préliminaires et les recherches de nombreuses équipes de savants, biologistes, agronomes, géomorphologues, forestiers, ont permis de déterminer les caractères des rideaux d'arbres. On en distingue quatre types :

1° Des écrans principaux, destinés à couper le vent et à protéger de vastes territoires. Ils sont orientés perpendiculairement à la direction des vents brûlants venus des déserts de la Basse Asie Centrale. La première ligne se trouve sur les deux rives du fleuve Oural et marque la limite orientale de la zone en cours d'aménagement. Elle est destinée à subir le premier choc des vents. C'est pourquoi les arbres sont plantés le long d'un fleuve : il leur faut suffisamment d'humidité pour pouvoir perdre beaucoup d'eau par transpiration et atténuer la sécheresse du vent sans risquer d'en mourir. Une autre bande, parallèle à la Volga, se place 100-200 km. à l'Est du fleuve, de Vladimirovka à Tchapaievsk. Une troisième suit la rive Ouest de la Volga, de Kamichin à Stalingrad, puis continue vers le Sud Sud-Ouest à travers le Kouban jusqu'à Tcherkesk, dans la région humide au pied du Caucase. Une quatrième enfin, part de Penza, recoupe la boucle du Don et aboutit à Kamensk. Chaque écran est formé par plusieurs bandes parallèles séparées par un court espace. Le nombre de bandes et leurs largeurs décroissent de l'Est vers l'Ouest, au fur et à mesure que les vents sont moins desséchants. Ainsi, le long de l'Oural, l'écran, long de 1.080 km. est formé de six bandes de 60 m. de large chacune, séparées par 200 m. L'écran de deuxième ligne Tchapaïevsk-Vladimirovka comporte quatre bandes de 60 m., espacées de 300 m., l'écran Penza-Kamensk n'en comporte que trois, de 60 m. de large, espacées de 300 m. également. Au total, ces écrans principaux ont une longueur de 3.000 km. et couvrent une surface de 85.900 ha. Ils sont aménagés aux frais du gouvernement soviétique au moyen de stations de boisement organisées à la manière des sovkhozes et qui entreprennent des cultures expérimentales de céréales dans la steppe.

2° Des massifs forestiers de protection, en particulier autour des oasis en cours d'aménagement en Turkménie. Ils sont destinés à filtrer le vent du désert, et qui vient ici de toutes les directions. Les conditions climatiques sont telles que les arbres devront être irrigués. Ils couvriront une superficie totale de 500.000 ha. D'autres massifs forestiers, non irrigués, sont en cours de plantation sur les nappes de sables de la région voisine de la Caspienne entre la Volga et le Terek. Ils sont destinés à les fixer, à modifier l'état physique des masses d'air et à permettre une utilisation productive du sol tout à la fois.

3° Des écrans secondaires, destinés à protéger directement le sol et les cultures. Ils dessinent un gigantesque damier dans les régions déjà mises en valeur et seront plantés dans la steppe au fur et à mesure de l'implantation de nouveaux kolkhozes, rendue possible par la croissance des écrans principaux. Larges de 10-20 m., ils entourent les différentes parcelles du terroir qui correspondent, en agriculture socialiste, à des unités de cultures. De forme rectangulaire, celles que nous avons vues dans la région de Sérafimovitch, sur le Don moyen, avaient environ 200 m. de large sur 500 de long. L'allongement des parcelles est perpendiculaire aux vents desséchants d'Est-Sud-Est de sorte que ces derniers rencontrent des écrans plus rapprochés que les vents moins dangereux du Sud-Sud-Ouest, ou du Nord-Nord-Est, dont la seule action nuisible est la déflation et le chasse-neige.

4° Des bandes le long des fleuves (Don, Donetz, Volga, la bande de l'Oural ayant un rôle beaucoup plus important), destinées à la fois à freiner les vents, modifier les caractères physiques des masses d'air et entraver l'érosion par ruissellement sur les versants en pente forte. Seule, la dimension de ces bandes les distingue du boisement des ravins. Celle de la Volga aura 900 km. de long et couvrira 18.000 ha., celle du Don 920 km. et 11.000 ha., celle du Donetz 500 km. et 3.000 ha.

Les *boisements de fixation des sols* sont destinés essentiellement à lutter contre l'érosion, mais il est bien évident qu'ils contribuent également à modifier le mésoclimat. Mais leur implantation est commandée par les risques d'érosion. C'est pourquoi on les effectue d'une part, sur les nappes de sables mouvants, d'autre part, sur les versants des ravins.

Sur les sables mouvants, qui constituent de vastes champs de dunes en Turkménie, entre le bas Térek et la basse Volga, le long du Don, on plante directement les arbres pour fixer le sable. Dans de vastes régions du désert du Turkestan, on ensemence les sables avec une variété nouvelle de plante fourragère qui constitue d'excellents pâturages. Afin de permettre aux graines de lever et à la plante d'avoir le temps de couvrir déjà le sol avant que le vent ne remette les sables en marche, on utilise une technique nouvelle fort originale. On épand, sur le sol au moyen de camions tous terrains, un produit spécial, tiré du pétrole. Il forme, sur les graines qui viennent d'être semées, une sorte d'enduit assez résistant pour empêcher le vent de remettre le sable en marche, et qui n'est pas nocif pour la plante. La durée de cette protection est calculée de manière à correspondre au temps dont ont besoin les plantes pour former une couverture suffisamment résistante pour fixer les sables.

Pour lutter contre le développement des ravins, on combine la création de petits étangs de barrage, utiles à la vie agricole, et le boisement. Les premiers diminuent la violence de l'érosion en surhaussant le niveau de base d'évolution des versants. Les boisements dressent une barrière entre les ravins et les terres à défendre. On les établit sous la forme de bandes larges de 100 m. environ qui ceinturent les têtes de ravins et couronnent le sommet de leurs versants. Elles

suivent la rupture de pente très nette qui se place au contact des ondulations douces du plateau et la coupure abrupte des ravins. On calcule la largeur de l'espace en pente relativement faible qui sépare le bord de la bande et l'escarpement des ravins, de telle sorte que le recul rapide des parois abruptes des ravins n'aie pas le temps de venir mordre la bande avant que les arbres soient suffisamment développés pour résister à l'érosion.

Tous ces travaux de boisement portent sur des surfaces considérables. Au total, la région intéressée représente cinq fois la superficie de la France. De plus, les arbres sont plantés dans une région de steppes où il n'est pas rare qu'on en voie pas le moindre à l'horizon. Ils supposent donc un très haut degré de développement technique, aussi bien pour sélectionner les espèces capables de pousser en boisements serrés dans des régions qui ne reçoivent que 200 à 300 mm. de pluie par an que pour planter d'aussi grands nombres d'arbres.

L'exemple de la bande Kamichin-Stalingrad, que nous avons visitée, nous permettra de montrer les méthodes qui président au choix des espèces. La bande est plantée au milieu d'une steppe complètement dénudée, à une quinzaine de kilomètres à l'Ouest de la Volga, sur un plateau venteux et désert, où les âpres combats de la dernière guerre ont laissé bien des traces. Le sol est d'abord défoncé à 40 cm. au moyen de tracteurs et de charrues ordinaires. Puis on y plante mécaniquement des lignes alternées, espacées de 2 m. qui sont formées les unes d'acacias et d'ilmus, arbuste originaire du Turkestan, très robuste et à pousse rapide, les autres de chênes d'une espèce spéciale, adaptée aux dures conditions locales. Ilmus et acacias sont plantés lorsqu'ils ont 10 cm. de haut et proviennent de pépinières installées près des stations de reboisement. Leur pousse est très rapide : des ilmus, plantés il y a deux ans, atteignent 1,75 à 2,5 m., les acacias voisins 1,2 à 1,5 m. Ils créent ainsi très vite un microclimat favorable au développement des chênes. Ces derniers sont mis en place sous la forme de glands germés préalablement semés avec un mélange d'humus riche en micorhizes et en bactéries favorables à leur croissance. Ils sont disposés en touffes de cinq, dont les quatre sujets les moins beaux seront éliminés vers l'âge de dix ans. Ceux que nous avons vu avaient de 40 à 50 cm. de haut et avaient fort bien réussi. La bande avait déjà joué un rôle favorable, en hiver, en diminuant l'importance des chasse-neige et on pratique à ses abords des cultures de maïs d'assez belle venue.

L'implantation des massifs et des écrans dans des régions encore souvent peu peuplées n'est possible qu'au moyen d'une mécanisation très perfectionnée. En trois ans (1948-1951), 2.073.000 ha. d'arbres ont été mis en place, dont 745.000 en 1951. Presque le tiers du plan total, dont la réalisation avait été prévue sur quinze ans a été réalisé. C'est aux progrès de la mécanisation que ce résultat est dû. On a mis au point des semoirs spéciaux pour les glands germés, des sarcleuses mécaniques, traînées par des tracteurs enjambeurs afin de nettoyer les jeunes plantations. La plantation des arbres est elle-même méca-

nisée. Les machines à planter comportent un soc qui ouvre une tranchée, un distributeur qui présente un à un les plants au servant puis un dispositif qui tasse la terre autour du plant. La seule opération faite à la main consiste à déposer le plan dans le sillon. Un tracteur traîne une série de sept machines à planter disposées sur deux rangs. La brigade, au total, comporte seize personnes (deux sur le tracteur et sur chaque machine) et plante normalement 2 à 3 km. de bande forestière en une heure, ou, avec trois machines seulement, 7 ha. par jour.

Les *techniques agrobiologiques* consistent à étendre, dans les kolkhozes de la steppe, une forme appropriée des méthodes D.K.W., pratiquées dans toute l'agricuture soviétique.

Leur principe, rappelons-le, comporte la mise au point d'assolements complexes qui, non seulement conservent la fertilité du sol, mais la développent. De la sorte, aucune partie du terroir n'est réservée en permanence aux mêmes récoltes. Les prairies, toujours semées, ne sont conservées que deux, trois ou quatre ans et des cultures de céréales ou de plantes sarclées leur succèdent. Les assolements portent généralement sur huit ou neuf ans avec l'alternance systématique des prairies et des cultures annuelles. Le retour périodique des prairies permet le repos de la terre et la reconstitution de la structure motteuse et joue un rôle capital dans la lutte contre le ruissellement. La prairie fauchée est en effet à peu près complètement immunisée contre l'érosion du sol.

C'est pourquoi, les terres de culture en pente, même faible (au dessus de 1-2°), font l'objet d'un traitement spécial, destiné à annihiler l'érosion en nappe lors des fortes averses estivales ou des pluies de dégel, particulièrement dangereuses. Les champs, soumis à l'assolement régulier, sont allongés suivant les courbes de niveau. Leur largeur décroît avec la pente en tenant compte de la nature du sol, plus ou moins propice au ruissellement. Entre les champs sont ménagées des bandes de 10 ou 20 m. de large (en fonction de la portée des couteaux des grandes faucheuses mécaniques), qui sont réservées en permanence à des cultures fourragères qui défendent le sol aussi bien au printemps qu'en été. Au fur et à mesure de leur aménagement, le fond des vallons, entre les étangs de barrage, est également aménagé en prairies qui freinent suffisamment l'érosion pour la rendre négligeable.

L'originalité de ces méthodes d'aménagement des terroirs est l'accent mis systématiquement sur l'utilisation de la végétation, des facteurs biologiques, alors que les Américains préfèrent faire appel, pour lutter contre l'érosion des sols, aux moyens mécaniques : construction de terrasses, de talus, de fossés cimentés, de déversoirs, etc. Notons que les méthodes biologiques soviétiques sont beaucoup moins coûteuses. La lutte contre l'érosion exige, en effet, la mise en œuvre de moyens mécaniques extrêmement puissants étant donné la quantité d'énergie dont dispose la nature. Seules les forces biologiques développent une puissance comparable, comme l'ont compris dès le XIXe siè-

de nos forestiers qui ont été les initiateurs de la méthode de lutte contre l'érosion torrentielle par le reboisement. Mais l'aménagement des terroirs au moyen des méthodes biologiques exige une coordination très poussée. Il ne peut se faire que dans le cas d'un plan d'ensemble. Si les écrans forestiers étaient plantés au hasard des décisions de propriétaires individuels, ils seraient discontinus et contiendraient le vent à la manière d'une passoire. Dans le cadre d'une propriété individuelle, un tel aménagement serait impossible car certains seraient lésés tandis que d'autres en profiteraient considérablement. Parmi les premiers se trouveraient les propriétaires de parcelles entièrement ou presque entièrement transformées en plantations d'arbres. L'aménagement agricole des régions sèches de l'U. R. S. S. n'a donc pu être réalisé avec la remarquable cohérence et la grande efficacité qui le caractérisent que grâce à la combinaison d'une technique remarquablement développée et d'un certain type d'organisation économico-sociale. C'est pourquoi il est unique en son genre.

Les aménagements inscrits au Plan stalinien de transformation de la nature, et dont on peut prévoir, à la lumière des réalisations déjà effectuées, l'achèvement avant terme, sont un remarquable exemple de géographie appliquée. Il s'agit de la véritable création d'une région nouvelle grâce à une modification complète des conditions naturelles. D'après les données des expériences préliminaires, on estime que la région en cours d'aménagement produira 11.000.000 tonnes de blé de plus qu'actuellement. Les récoltes de coton et de riz seront à peu près doublées tandis que l'ensemble des terres qui seront gagnées à la culture se monte à 28.000.000 ha. La production d'énergie électrique sera accrue de plus de 25 %. Lorsqu'on songe que la production totale de blé de la Russie de 1913 atteignait moins de 80.000.000 tonnes et toute sa production d'électricité seulement 1.000.000.000 kwh, soit le 1/25e des aménagements en cours, on comprend aisément l'importance des moyens offerts à ceux dont les travaux permettent la conquête pacifique d'un territoire capable de nourrir près de 100 millions d'hommes.

J. Tricart.

OUVRAGES UTILISÉS

Schutzwaldgürtel in der Aserbaïdshanischen S.S.R. *Zeitschr. für Erdkunde-unterricht*, III, 1951, p. 42-43.

Kochelev (F. P.) — Les grandioses travaux staliniens et leur importance pour l'économie populaire. *Gospolitizdat*, Moscou, 1952, 168 p. (en russe).

Kozin (Ia). — La transformation de la nature dans la steppe de Crimée. *Priroda*, 1952, n° 8, p. 43-50 .(en russe).

Kramer (W.). — Der Turkmenische Hauptkanal und die neuen Bewässerungsmethoden in der Sowjetunion. *Zeitschr. für Erdkunde-unterricht*, III, 1951, p. 20 28.

---

(1) Nous avons consacré au canal Lénine et à la centrale de Tsimlianskaïa un article entier. Voir *Revue Générale des Sciences*, 1952, p. 356.

LIDOV (V. P.) et NIKOLAIEVSKAIA. — La portée de la carte spéciale pour les géographes ayant mission de transformer la nature. *Isv. Vsiéssoîouz. Geogr. Ochtch.*, LXXXIV, 1952, p. 380-390 (en russe).
LIDOV (V. P.). — L'avenir de la région centrale des Terres Noires. *Priroda*, 1952, n° 5, p. 38-48 (en russe).
MARKOV (K. K.). — Moskevsti geografové stavbam kommunismu. *Lidé a Zeme*, I, 1952, p. 142-147 (en tchèque).
PAVLOV (M. I.). — Le grand canal Turkmène. *Celkhogiz*, Moscou, 1951, 135 p. (en russe).
PETROV (M. P.). — Sur la grande artère du canal Turkmène. *Priroda*, 1952, n° 5, p. 21-30 (en russe).
SAOUCHKIN (Iou. G.). — Les grandes transformations de la nature en U.R.S.S. Moscou, 1951, *Geografgiz.*, 124 p. (en russe).
TROEGER (K.). — Schutzwaldstreifen und Aufforstungen in der U.D.S.S.R., in den Volksdemskratien und der D.D.R. *Zeitschr für den Erdkunde-unterricht*, II, 1950, p. 231-232.
Atlas du Plan de transformation de la nature, Moscou, 1952, 50 planches (en russe).

LES LIVRES REÇUS

ANDREWS (T. G.). — Méthodes de la Psychologie, 2 vol. (Presses Universitaires de France, Paris). 1.440 fr. chaque vol.

BAILAR Jr. (John C.). — Inorganic Syntheses (Mc Graw Hill Book C°, Londres et New-York). 36 sh.

BAYER (Raymond). — Epistémologie et Logique depuis Kant jusqu'à nos jours (Presses Universitaires de France, Paris). 1.200 fr.

BELLMANN (Richard). — Stability of Theory of Differential Equations (Mc Graw Hill, Londres). 41,6 sh.

BIDARD (René). — Thermopropulsion des avions. Turbines et compresseurs axiaux (Gauthier-Villars, Paris). 3.900 fr.

BORG (H.). — Théorie des circuits impulsionnels. Applications aux télécommunications, au radar, à la télévision (Ed. de la Revue d'Optique, Paris). 2.000 fr.

BROGLIE (Louis de) et coll. — Les applications de la Mécanique ondulatoire à l'étude de la structure des molécules (Ed. de la Revue d'Optique, Paris). 1.600 fr.

BRUHAT (G.). — Cours de Physique : Optique (édition revue et complétée par A. KASTLER) (Masson et Cie, Paris). 3.000 fr.

CAVE (R.). — Le Contrôle statistique des fabrications (Eyrolles, Paris). 3.950 fr.

CORSON (E. M.). — Introduction to Tensors, Spinors and relativistic Waves-equations (Blackie and son, Londres). 65 sh.

DENIS-PAPIN (Maurice) et VALLOT (Jacques). — Métrologie appliquée (Aide-Mémoire Dunod). 490 fr.

DENJOY (Arnaud). — L'Enumération transfinie. III. Etudes complémentaires sur l'ordination. IV. Notes sur les sujets controversés (Gauthier-Villars, Paris), n° 3 : 2.400 fr. ; n° 4 : 3.200 fr.

DERIBERE (M.). — Les applications pratiques des rayons infrarouges (Dunod, Paris).

DUFAY (Jean). — Nébuleuses galactiques et matière interstellaire (Coll. Sciences d'Aujourd'hui, Albin Michel, Paris). 1.650 fr.

DUHEM (Pierre). — The Aim ans Structure of Physical Theory (Princeton University Press). $ 6.000.



LES LIVRES

R. BELLMANN. — Stability Theory of differential equations. — Un vol. couronne de 166 p. Mac Graw Hill. New-York, 1953. Prix : 5 dollars 5.

Dans le champ réel, lorsque la variable indépendante t croît indéfiniment, on se propose ici d'introduire à la théorie moderne de la stabilité et du comportement des solutions d'équations différentielles (ou systèmes), linéaires ou non, en laissant de côté la partie du sujet qui dépend de l'étude des solutions périodiques, dans le cas non linéaire.

Après une étude préparatoire du cas linéaire, appuyée par la notation matricielle, est examiné le comportement asymptotique des solutions pour le cas des coefficients presque constants. Ayant précisé le concept de stabilité, on établit les théorèmes d'existence et d'unicité pour le cas non linéaire : étude au cours de laquelle la méthode des approximations successives est confrontée avec celle qui recherche les solutions par le principe des différences finies. Puis, dans les mêmes conditions, on discute de la stabilité et de la non-stabilité des solutions, à la lumière de contre-exemples et mise en parallèle de trois démonstrations du théorème fondamental.

Aux quatre parties présentant cette partie générale du sujet s'en ajoutent trois autres qui pénètrent en profondeur dans des champs plus localisés, à savoir :

a) étude d'une seule équation du premier ordre, obtenue en annulant un polynôme en t, u, u' ; une attention spéciale est consacrée au cas où ce polynôme est du premier degré en u' ;

b) recherches récentes sur l'équation linéaire du second ordre et sur le type suivant d'équation non linéaire.

Dans l'ensemble, cela procure à la méditation mathématique des thèmes bien choisis et propices à l'étude comparée des méthodes.

G. BOULIGAND.

BIDARD (René). — Thermopropulsion des avions. Turbines et Compresseurs axiaux. Préface de M. G. Darrieus. — Deuxième édition 1954. Un vol. in-4°, VII-338 p. Paris, 1954. Gauthier-Villars, Edit. Prix : 3.900 fr.

Dans cet ouvrage, développement d'un cours qu'il professe à l'Ecole Nationale Supérieure d'Aéronautique à Paris, M. R. Bidard expose parallèlement les problèmes théoriques et techniques posés par la thermopropulsion des avions et les turbomachines en général.

Le chapitre 1 étudie la propulsion du point de vue mécanique, tandis que le chapitre 2 reprend la même étude du point de vue thermodynamique (définitions et calculs des rendements). Le chapitre 3 décrit quelques types de machines thermopropulsives : turboréacteurs (Atar, Néne) et turbopropulseurs. Le chapitre 4 étudie les propriétés thermodynamiques des cycles avec machines parfaites. Cette étude est reprise au chapitre 5 dans le cas des machines imparfaites : cycles des turbopropulseurs et des turboréacteurs au sol au point fixe et en vol, calcul pratique d'un cycle de turboréacteur, évolutions polytropiques, aérodynamique externe et interne des réacteurs, étude des statoréacteurs. Le chapitre 6 développe une étude générale des grilles d'aubes permettant le calcul complet d'un projet de turbomachine axiale. Le chapitre 7 étudie les compresseurs en général, l'examen des compresseurs axiaux étant repris au chapitre 8. Le chapitre 9 expose

la théorie générale des écoulements à trois dimensions dans les turbomachines axiales à aubes longues. Le chapitre 10 examine en détail le fonctionnement et le calcul des turbines axiales. Le chapitre 11 est consacré aux problèmes posés par la combustion dans les turbomachines d'aviation : théorie de la combustion, facteurs de la combustion, étude de la combustion dans les écoulements à grande vitesse. Le chapitre 12 étudie les problèmes de régulation et d'adaptation dans les turbomachines d'aviation. Le chapitre 13 est consacré à l'examen et au calcul des échangeurs de chaleur. Un appendice sur la forme de la caractéristique des grilles d'aubes et une importante bibliographie complètent l'ouvrage.

G. PETIAU.

CANALS FRAU (Salvador). — Préhistoire de l'Amérique. Préface et traduction de Marc R. Sauter. 1 vol. in-8°, 345 pages, 90 figures et cartes. Paris (Payot), 1953. (Prix : 1.200 fr.)

Voici un ouvrage essentiel, le premier qui nous présente l'ensemble de l'Amérique pré-colombienne.

Après avoir exposé les théories sur le peuplement de l'Amérique, l'auteur cite les faits, les découvertes de squelettes humains et d'outillages préhistoriques. Tout démontre que l'Amérique du Nord n'a été occupée par l'Homme qu'il y a 25.000 ans environ, la migration venant de Sibérie avec le Mammouth, par un isthme de Behring émergé. Les Sud-Américains auraient, eux aussi, la même origine. Le peuplement s'est fait en trois vagues.

Les Américains actuels, les survivants, sont divisés en 5 groupes (Sylvides du Nord-Est, Sonorides des Etats-Unis et du Mexique, Laguides du Brésil, les Huarpides et les Patagonides des autres pays de l'Amérique du Sud). Le vêtement, l'outillage, les armes, constituent des éléments importants de la civilisation. Plusieurs évoquent de singuliers rapports avec ceux de l'Australie.

Aux premiers occupants appartiennent les outillages de Sandia, de Folsom, de Cochise. Les tout premiers doivent être contemporains de notre Paléolithique terminal.

La deuxième vague fut celle des piroguiers Proto-Esquimaux de Sibérie septentrionale occupant les côtes de l'Alaska, puis toute la côte Nord, jusqu'au Groenland. Certains descendirent jusqu'au détroit de Magellan, toujours à la poursuite de Mammifères marins.

La troisième vague, néolithique, correspond à l'apparition de Brachycéphales en Amérique. Il y eut encore un quatrième et dernier courant de peuplement : l'arrivée par mer des Polynésiens, dont l'influence sera considérable sur le développement des hautes civilisations américaines, amérindiennes.

On est surpris de la richesse de la documentation groupée en un seul volume, nous exposant un tableau complet de l'histoire culturelle aboutissant aux merveilles des civilisations pré-colombiennes classiques dont l'évolution fut si fâcheusement arrêtée par les envahisseurs européens. L'auteur et les lecteurs bénéficient de la très belle traduction de M. Marc Sauter.

R. FURON.

B. CARLIN. — Les Ultrasons. — Traduction de M. Parmentier. Editions Eyrolles, Paris, 1953, 271 pages.

Au cours de ces dernières années, les ultrasons ont pris une grande importance en raison de leurs applications nombreuses aux essais industriels, à la médecine, etc... La documentation qui s'y rapporte est dispersée et rédigée en langue étrangère. Aussi doit-on féliciter M. Parmentier d'avoir traduit le livre de M. Carlin.

Cet ouvrage, laissant volontairement de côté les développements théoriques, est tout entier tourné vers les applications : sur dix chapitres, les deux premiers seuls, où l'auteur a rassemblé avec clarté les données théoriques nécessaires à son exposé, laissent de côté le point de vue pratique.

Dans les chapitres suivants sont traitées les applications des ultrasons : génération des ultrasons par les cristaux et réalisation de leurs supports ; application des ultrasons à l'étude des mélanges ordinairement non miscibles ; dispersion des métaux, coagulation, nettoyage des pièces mécaniques, destruction des bactéries, écoute sous-marine, etc...

Cet ouvrage intéressera à n'en pas douter tous ceux que la technique des ultrasons préoccupe.

M. PARODI.

CHAMPETIER (G.). — Dérivés cellulosiques. — XII-270 pages 14 × 22, avec 36 figures, 2e édit., 1954. Edit. : Dunod, Paris, 1954. Prix, relié toile : 1.960 fr.

Malgré l'apparition des composés macromoléculaires de synthèse, les dérivés cellulosiques conservent leur place très importante dans le domaine des fibres artificielles, des matières plastiques, des films, des cuirs artificiels, des peintures et vernis, des colles et adhésifs, etc.

L'auteur présente aux techniciens et aux chercheurs l'état actuel des travaux scientifiques et techniques sur les dérivés cellulosiques et souligne les possibilités de développement technique de ces importants composés tant par la diversité de leurs propriétés que leurs possibilités de fabrication à partir d'une matière première particulièrement abondante et d'un prix de revient peu élevé.

Comme la précédente, cette nouvelle édition sera un guide précieux pour les techniciens de la cellulose. Elle est vouée, sans conteste, au même succès.

E. CATTELAIN.

CHILDE (V. Gordon). — L'Orient préhistorique. (Nouvelle édition.) — 1 vol. in-8°, 326 pages, 111 figures, 64 photographies et 2 cartes. Paris (Payot), 1953. Prix: 1.200 fr.

La première édition datait de 1935. Celle-ci est la traduction de la 4e édition anglaise de cet ouvrage célèbre.

Comme le dit l'auteur dans son Introduction, « bien qu'une guerre destructrice ait rempli la majeure partie des quinze années écoulées depuis la parution de la dernière édition, cette période a assisté à tant de découvertes dans le Proche et le Moyen-Orient, que des chapitres nouveaux en sont remplis », tandis que les autres sont complétés.

Il s'agit en effet d'une nouvelle édition, refondue, remise à jour, destinée à remplacer la précédente, déjà périmée et dépassée. Les grandes lignes restent les mêmes, bien entendu, mais une connaissance plus parfaite des civilisations proto-historiques permet à l'auteur une présentation plus détaillée et plus nette.

On assiste ainsi aux débuts de l'agriculture égyptienne, à la rencontre des Asiatiques et des Africains dans la vallée du Nil, à l'avènement des pharaons, à la colonisation de la Mésopotamie, puis à la révolution urbaine, à l'organisation des premières dynasties d'Ur, au développement de la civilisation indienne au IIIe millénaire C'est un tableau devenu plus vivant de tout ce qui s'est passé entre le Nord du Croissant Fertile et la vallée de l'Indus. On le voit à la fin, dans le dernier tableau et le dernier chapitre où sont évoquées les relations culturelles et commerciales de tous ces vieux pays du Proche et du Moyen-Orient.

La remarquable qualité de la traduction (due à M. André Guieu) ajoute au plaisir de la lecture de cet ouvrage classique, que liront ou reliront tous ceux qui s'intéressent à l'origine des grandes civilisations.

R. FURON.

E. M. CORSON. — Introduction to tensors, spinors and relativistic wave equations (Relation structure). [Introduction à la théorie des équations d'ondes relativistes tensorielles et spinorielles. Relations de structure.] — Un vol. 222 p., Blackie et Son, Ld. London and Glascow, 1953. Prix : 55 sh.

Le succès de la théorie de l'électron de Dirac de 1928 représentant un corpuscule de spin $h/4\pi$, puis celui de la théorie du photon de Louis de Broglie et des théories des mésons pour les corpuscules de spin 0 et h ont conduit à penser qu'il devait être possible de construire des équations d'ondes décrivant des corpuscules hypothétiques pour lesquels le spin aurait une valeur quelconque de la forme $n\ h/4\pi$, ($n = 0, 1, 2,...$). Les premières tentatives dans cette voie furent faites par Dirac en 1936 et par M. Fierz en 1938. La guerre survenant, ces recherches furent poursuivies indépendamment dans différents pays, notamment en France, sous la direction de M. L. de Broglie, et en Hollande (MM. Kramers, Lubanski, etc...). Dans les dix dernières années, de nombreux travaux furent poursuivis dans des voies différentes selon les pays : en Angleterre (Bhabha, Le Conteur, Harish-Chandra), en U. R. S. S. (Gelfond, Neumark, Yaglom), en Allemagne (école de Bopp). Cette théorie fait appel aux méthodes mathématiques les plus modernes sous leurs formes les plus complexes : algèbres de matrices, théories des groupes, théorie des spineurs, etc., et du point de vue physique conduit à discuter les problèmes les plus fondamentaux sur la représentation de la structure ultime de la matière.

M. E. Corson donne dans son ouvrage un exposé très détaillé des principales théories proposées pour représenter les corpuscules de spin quelconque avec une prédilection marquée pour les travaux de l'école anglo-saxonne. Notamment les très importants travaux français relatifs à l'interprétation des phénomènes de gravitation par des champs de corpuscules de spin $2.(h/2\pi)$ ne sont pas cités.

L'ouvrage de M. Corson est divisé en deux parties. La première, « introduction mathématique », développe très en détail la théorie des spineurs. Après M. E. Cartan, dont l'ouvrage classique est destiné surtout aux mathématiciens, M. E. Corson est le premier auteur à donner une théorie d'ensemble de la théorie des spineurs éparse dans de nombreux mémoires. Son ouvrage rendra à ce point de vue de grands services. La seconde partie, « Théorie des équations d'ondes », présente les diverses théories réparties en deux classes : équations de champs, c'est le point de vue de Fierz-Pauli, équations matricielles, c'est le point de vue des écoles française, hollandaise et russe. Les deux aspects conduisent à des difficultés certaines : d'une part le formalisme mathématique est excessivement complexe, d'autre part l'adaptation du formalisme de la seconde quantification ne semble pas réalisable dans l'état actuel de la théorie. Mais celle-ci suscite dans le monde entier le plus grand intérêt et l'ouvrage de M. Corson facilitera certainement les travaux des chercheurs.

G. PETIAU.

E. DARMOIS. — Electricité. — Tome II, Société d'édition d'Enseignement supérieur, Paris, 1953 ; 2.400 fr.

Le second volume du cours d'Electricité de M. Eugène Darmois est aussi intéressant que le premier et il est peut-être encore plus nourri de faits.

Les sept chapitres consacrés à l'électrotechnique, les quatre réservés à la radiotechnique et les deux traitant du téléphone et des questions connexes

donnent les éléments essentiels des machines et des transmissions électriques en laissant systématiquement de côté les détails n'intéressant que les spécialistes.

Les théories générales des phénomènes électromagnétiques stables et transitoires sont exposées dans deux chapitres particulièrement suggestifs et tout ce qui mérite réellement d'être développé en matière d'unités électriques et magnétiques est donné dans un chapitre d'une grande clarté.

La question encore assez touffue de l'ionisation et des décharges dans le gaz est assez fouillée pour que l'étude de l'arc électrique et des tubes luminescents devienne facile.

Les rayons cathodiques, les rayons X, les rayons positifs, la photoélectricité sont traités dans des chapitres très clairs malgré leur extrême concision.

Dans un chapitre, que le lecteur trouvera peut-être un peu trop condensé, sont données quelques notions de radioactivité ainsi que quelques indications sur les rayons cosmiques et les accélérateurs de particules, tétatrons, cyclotrons, etc...

Dans cet excellent ouvrage, l'auteur parvient à traiter des questions aussi vastes et aussi variées grâce à un laconisme n'excluant ni la clarté ni la précision.

M. PARODI.

Jean DELAY. — Etudes de psychologie médicale. (Bibliothèque de Psychiâtrie, P. U. F.). — 1953, VIII-260 p. (800 fr.). Préface de René Leriche, membre de l'Institut.

Il n'est nul besoin de présenter aux lecteurs de la « Revue Générale des Sciences » l'œuvre immense de celui qui fut le plus jeune médecin des Hôpitaux de Paris, le plus jeune agrégé et le plus jeune professeur titulaire à la Faculté, avant d'être le plus en vue des psychiâtres français actuels, et le brillant co-directeur de l'Institut de Psychologie de Paris.

Le professeur Jean Delay a publié jusqu'à présent deux séries d'ouvrages parallèles : tandis qu'il faisait paraître chez Masson ses travaux médicaux **(Les Astéréognosies, L'E. E. G., L'Electro-choc et la Psychophysiologie),** et méthodoligico-médicaux **(Méthodes biologiques en clinique psychiâtrique, Méthodes psychologiques en clinique psychiâtrique),** les Presses Universitaires de France s'enorgueillissaient des beaux travaux psychiâtriques qu'il consacrait à la **Mémoire, aux Dérèglements de l'humeur** et à **L'Electricité cérébrale.**

Le présent livre a moins d'unité que les grands ouvrages antérieurs : mais sa substance n'en est pas moins riche. Le professeur J. Delay a groupé ici dix études sur des sujets divers, mais se rapportant tous à la Psychologie pathologique. Ce sont :

I. L'œuvre de Henri Claude.
II. Les sensibilités cérébrales et les agnôsies.
III. Le di-encéphale et les régulations psychologiques.
IV. Le jacksonisme et l'œuvre de Ribot.
V. Introduction à la Psychométrie clinique.
VI. Vers une caractérologie médicale.
VII. Chocs et réaction d'alarme.
VIII. Aspects de la Psychochirurgie.
IX. Sur les médicaments psychologiques.
X. Bases expérimentales de la médecine psycho-somatique.

Toutes ont en commun un caractère patent : une limpide clarté d'exposition qui fait la gloire du professeur Delay. C'est merveille de voir comment des sujets aussi ardus et souvent bien obscurs sont éclairés, expliqués,

simplifiés, loin de toute technicité rebutante, hors d'un vocabulaire pédantesque et vain. M. le professeur J. Delay joint à ses qualités de chercheur fécond de remarquables dons de styliste. Aussi ce volume épais se lit-il d'un trait, comme un ouvrage attrayant et attachant, plein de vie et de saveur. (Signalons à ce propos les silhouettes des grands maîtres de la Psychiâtrie que le professeur Jean Delay esquisse chemin faisant : Henri Claude, Puchelt, Pierre Janet, Charcot, Jackson, Ribot, etc. Toutes sont singulièrement vivantes, et particulièrement évocatrices.)

Enfin M. le professeur Delay nous dévoile quelques-uns des secrets les plus obscurs de l'avenir de la psychologie médicale et de la médecine psychiâtrique : la « psychométrie » clinique, la « caractériologie médicale », la psycho-chirurgie, ou la médecine « psycho-somatique » nous sont successivement démontrées et démontrées en toute rigueur. Aussi quitte-t-on ce livre enrichi d'un savoir nouveau et fort émerveillé devant l'immense champ d'applications nouvelles de la Psychiâtrie du XX[e] siècle. Ne nous y trompons pas : sous ce titre modeste, dans ce livre « captivant » où l'auteur se meut au milieu des sujets les plus difficiles en laissant le lecteur charmé « sans effort et dans la joie de comprendre », Jean Delay a réalisé un ouvrage « de haute intellectualité médicale », comme dit le professeur Leriche ; c'est là un grand livre, et qui fera date dans l'histoire de la Psychiâtrie française.

Denis HUISMAN.

M. DENIS-PAPIN, J. VALLOT, A. FOUILLÉ. — Métrologie appliquée (Méthodes et instruments de mesures). — Aide-Mémoire Dunod. Un vol. XL-300-LXIV p. 10 × 15, 2[e] édit. 1954. Dunod, Edit. Prix : 480 fr.

Dans cette nouvelle édition complétée et augmentée de leur Métrologie appliquée (première édition 1948), MM. Denis-Papin et J. Vallot rassemblent les principales connaissances nécessaires à tous les ingénieurs ou techniciens pour la pratique des mesures industrielles. Sans entrer dans les détails techniques des appareils, ils donnent néanmoins les éléments nécessaires au praticien pour lui permettre de choisir et d'utiliser l'instrument convenant à des mesures de types divers, tout au moins dans les cas les plus usuels.

Une première partie expose la théorie générale de la mesure : théorie des erreurs, exploitation des mesures, méthodes d'approximations, sensibilité des appareils de mesures.

La seconde partie examine les méthodes et les principes des instruments de mesures pour les grandeurs classiques : mesures des longueurs, des angles, du temps, mesures mécaniques, mesures électriques et magnétiques, mesures thermiques, mesures optiques.

La troisième partie ajoutée à cette nouvelle édition est consacrée à la métrologie électronique : appareillage général, mesures basées sur des variations de résistance, sur l'utilisation d'une différence de potentiel, sur une variation d'impédance, sur un effet photoélectrique, mesures basées sur la magnéto-électricité, sur les phénomènes acoustiques et sur la radioactivité.

Des index, formulaires et tables numériques usuelles complètent cet aide-mémoire.

G. PETIAU.

DIOLE (Ph.). — L'Exploration sous-marine. — 1 vol. in-16, 120 pages (Collection Que sais-je ?). Paris (Presses Univ. Fr.), 1953.

Pendant de longs siècles, la connaissance des petites profondeurs sous-marines, est restée limitée aux observations des plongeurs, pêcheurs de corail ou de perles. Par la suite, on inventa la cloche à plongeur, le scaphandre et le sous-marin, les bathyscaphes et bathysphères. L'histoire de tous ces engins nous est racontée depuis l'Antiquité jusqu'aux exploits de la dernière guerre.

La nouvelle conquête de l'homme, c'est le scaphandre autonome, conçu dès 1925, puis perfectionné et fabriqué industriellement depuis 1946. Grâce à cet appareil, un plongeur peut évoluer et observer jusqu'à 40 mètres de profondeur sans danger (jusqu'à 80 et même 100, mais avec plus de précautions). Et ceci permet une observation directe des fonds, un contact personnel, qui intéresse prodigieusement tous ceux qui ont à connaître les fonds sous-marins accessibles : hydrographes et cartographes, ingénieurs des Travaux maritimes et des Ports, océanographes, géologues, zoologistes et botanistes, pétroliers, archéologues, photographes, etc...

Pour les grands fonds, les bathyscaphes ont déjà donné plus que des promesses.

Ceux que n'intéressent plus les terres émergées vont pouvoir entreprendre l'étude du domaine marin. Tout le monde lira avec plaisir et intérêt cette initiation aux méthodes de l'exploration sous-marine.

R. FURON.

A. G. GAYDON. — Dissociation Energies and Spectra of diatomic molecules. (Energies de dissociation et spectres des molécules diatomiques). — 2e éd. révisée. 1 vol. 261 p., Chapman et Hall Ldt, Edit., London 1953. Prix 35 sh.

Dans cet ouvrage M. A. G. Gaydon donne une étude approfondie de la théorie et des résultats expérimentaux actuels relatifs aux spectres des molécules diatomiques.

Après avoir rappelé d'une façon détaillée au chapitre I la classification des états atomiques et moléculaires, M. Gaydon examine au chapitre II les différentes fonctions proposées pour représenter l'énergie potentielle des molécules diatomiques. Le chapitre III discute les corrélations entre états atomiques et moléculaires et la règle de non croisement. Le chapitre IV étudie les conditions de production des spectres continus, leurs limites de convergence et les phénomènes de photodissociation. Le chapitre V discute la règle d'extrapolation de Birge-Sponer et les différentes lois d'extrapolation proposées pour déterminer la limite de convergence des niveaux de vibration. Le chapitre VI examine le phénomène de prédissociation et ses manifestations dans les spectres de bandes. Les chapitres VII et VIII exposent diverses méthodes de détermination des énergies de dissociation : méthodes par impacts électroniques, méthodes thermiques et thermochimiques. Les chapitres IX et X rassemblent les résultats expérimentaux et théoriques relatifs aux énergies de dissociation des molécules de N_2, N_2^+ NO, CO, CO^+, CN, C_2 N_2^+ et relatifs à la détermination de la chaleur latente de sublimation du carbone. Le chapitre XI examine les résultats connus sur les énergies de dissociation de divers groupes de molécules. Le chapitre XII donne une table des résultats convenables. En appendice diverses tables numériques et une bibliographie très importante complètent cet ouvrage.

G. PETIAU.

René GARNIER, membre de l'Institut. — **Cours de Cinématique de la Faculté des Sciences.** — T. I, 3e édition. Un in-8° de 244 p., 16 × 25, avec fig., index et table. Gauthier-Villars. Paris, 1954. Prix : 4.000 fr.

Ouvrage devenu rapidement classique et dont l'édition actuelle comporte des simplifications apportées à certains raisonnements (ex. : ceux qui conduisent à déterminer, soit les champs vectoriels équiprojectifs, soit les mouvements à glissières) ; elle comporte aussi diverses additions : recherche des mouvements de solides à trajectoires rectilignes, ou des mouvements qui comportent un axe d'accélération, confondu sans cesse avec l'axe hélicoïdal ; décomposition en deux rotations du mouvement instantané du trièdre de Frenet ; exemples de détermination d'une courbe gauche par ses équations intrinsèques. Il est superflu d'insister sur la valeur éducative d'un tel traité.

G. BOULIGAND.

F. GRÉGOIRE. — Logique et philosophie des sciences. — Un in-8 broché de 340 p., avec une notice bibliographique et un petit lexique philosophique. Vrin, Paris, 1954. Prix : 990 francs.

De formation scientifique (diplômé de l'Ec. sup. d'électricité), l'auteur de ce livre, docteur ès lettres, et, pour le moment, professeur de philosophie au Lycée de Kaboul, réunit des qualités éminentes qui l'ont amené à écrire sur la philosophie des sciences (programme des Lycées) un ouvrage clair et élevé, auquel les lecteurs de cette Revue ne manqueront pas de trouver, pour leur compte personnel, un vif intérêt. On y voit d'abord la difficulté de définir la logique, ce qui oblige à préciser ses rapports avec la psychologie ; puis la nécessité de distinguer dans la formation de la logique plusieurs stades : logique formelle classique, logique opératoire (ou logistique), ces aspects n'excluant pas des efforts vers une logique concrète, rejoignant la **méthodologie.** Se rapprochant ici de la philosophie des sciences, on voit se poser des questions importantes : **valeur** des principes de telle ou telle discipline, **fondement** des sciences, ou bien déductives, ou bien expérimentales. C'est l'étude critique des divers ordres de connaissance ; elle conduit naturellement l'auteur à un beau chapitre sur **la science** (son origine, son évolution) et **l'esprit scientifique** (son développement au cours de l'histoire).

La pensée mathématique est étudiée en ce qui concerne d'abord son **objet,** son domaine propre, puis sa **méthode,** capable d'inspirer celle des autres sciences : ce qui permet finalement de mieux apprécier le **rôle** des mathématiques, comme agent de liaison inter-sciences. Le souci de cette liaison détermine alors une enquête approfondie sur les **principes généraux des sciences expérimentales** (faits scientifiques, hypothèses et lois, y a-t-il une méthode expérimentale ?), en précisant chemin faisant l'idée de cause, les rapports entre cause, loi et structure, puis en soulignant qu'en dépit des vues empiristes, il n'y a pas de séparation, tranchée entre la théorie et l'expérience. Il faudra que l'esprit invente, développe son idée, la vérifie. L'étude des sciences biologiques, morales (y compris la psychologie, l'histoire, la sociologie) est ainsi bien préparée. Et le voyage se termine en faisant le point sur tout l'ensemble. Que sont principes et théories ? Que nous apprennent à ce sujet les recherches récentes sur la relativité, sur les échanges entre matière et énergie, ou sur l'évolution des êtres vivants ? L'initiation présentée avec clarté à ces divers ordres d'activité intellectuelle met le lecteur en état de réfléchir aux procédés généraux de la pensée, en ce qui concerne par exemple la nature du raisonnement et le fondement de l'induction, et d'aborder les discussions qu'appelle ce problème philosophique : **qu'est-ce que comprendre ?** question dont l'acuité se ravive aux chocs récents des courants déterministes et des courants contraires, toutes choses mises ici bien à leur place, avec ce souci de précision sans lequel sera vite égaré.

G. BOULIGAND.

Henri MILLOUX et Ch. PISOT. — Principes et méthodes générales (de la théorie des fonctions). — Un in-8 (16 × 25) de VIII-300 p. avec figures. Gauthier-Villars, Paris, 1953. Prix : 4.500 francs.

Cet ouvrage inaugure un nouveau traité de théorie des fonctions de variable complexe publié sur l'initiative et sous la direction de M. Gaston Julia. Il donne une idée très exacte du degré de perfection où, sous l'influence de plusieurs écoles, et en tout premier rang, de l'école française, ce sujet si fondamental a été porté.

La théorie, sous la forme où elle est ainsi exposée, se présente en prolongement direct de l'enseignement de licence, qu'elle ne peut d'ailleurs manquer d'influencer de la manière la plus heureuse. On y a insisté, avec juste raison, sur l'utilisation systématique des énoncés dont le lemme de Schwarz est le prototype, sur le recours à la théorie des familles de fonc-

tions, sur l'étude comparée des diverses représentations d'une fonction analytique, sur le théorème fondamental concernant la possibilité d'obtenir, sans altérer les angles, une image d'un domaine simplement connexe sur un cercle, possibilité très riche lorsqu'on aborde des problèmes de types très variés. Dans un tel cortège, les propriétés de répartition des valeurs autour des singularités essentielles ont trouvé toute la place qu'on pouvait attendre.

Dans ce livre, où les sommaires placés en tête des chapitres donnent par avance un guide précieux, l'étudiant sera vite familier avec les résultats les plus notoires. Il tirera de ce genre d'études le meilleur parti, en appréciant la simplicité que les idées modernes ont apporté à une organisation qu'on eût pu croire, au départ, fort délicate. G. BOULIGAND.

PASCAL (P.). — Chimie générale (quatrième volume). — Un volume de 386 pages, avec 119 figures 17 × 25. Edit. : Masson et Cie, Paris, 1952 ; prix, broché : 2.200 fr.

Dans ce quatrième volume, l'auteur s'attache à préciser les notions d'acide et de base, à développer les applications de la théorie des ions à l'analyse, enfin à faire l'étude des systèmes dispersés, dont l'examen précis exige la connaissance préalable de tous les chapitres qui l'ont précédée.

Les divisions de l'ouvrage sont les suivantes : 1) notion d'acide et de base ; 2) applications de la théorie des ions à l'analyse ; 3) systèmes dispersés.

L'ouvrage, qui a bénéficié de l'expérience didactique de l'auteur, s'adresse à tous les chimistes et physico-chimistes et plus particulièrement aux candidats à la licence, au certificat de chimie approfondie et à l'agrégation, à tous les lecteurs à qui sont déjà familières les notions et les lois fondamentales de la chimie et pour qui il constituera un outil de travail capable de se suffire à lui-même. E. CATTELAIN.

V. PASCHKIS. — Les fours électriques industriels. Traduit par MM. J. Bernot et W. J. Swiaticki. — Dunod, Paris, 1951. Deux volumes.

Cet ouvrage a été publié en Amérique durant la dernière guerre, il offre donc l'intérêt d'exposer toutes les méthodes utilisées en Amérique et dans le reste du monde pendant une période où la documentation nous faisait défaut.

Le livre de M. Paschkis, tout en rappelant les bases scientifiques des divers phénomènes étudiés, donne des méthodes simples d'application de ces derniers ; leur utilisation en est dès lors facilitée pour les ingénieurs des bureaux d'étude ; on y trouve un lien entre la science pure et la pratique. M. PARODI.

SOYER (Robert). — Géologie de Paris. Mémoires du Service de la Carte géologique de la France. — 1953, 1 vol. in-4°, 610 pages, 46 figures, 6 planches et 5 cartes hors-texte.

Les premiers renseignements connus sur la géologie parisienne semblent être ceux publiés par Guettard dans les **Mémoires de l'Académie royale des Sciences**, en 1756.

Ce n'est qu'un siècle plus tard que nous voyons enfin paraître un ouvrage complet sur la Géologie de Paris, celui que nous présentons ici.

Paris est un site privilégié. Les carrières souterraines, la construction des voies ferrées et des fortifications, les grands travaux d'urbanisme, l'alimentation en eau et les forages, la construction du Métropolitain, ont été à l'origine d'innombrables observations géologiques suivies de plus de 600 publications.

Depuis 25 ans, M. Robert Soyer, assistant au Muséum et géologue attaché aux Services techniques de la Ville de Paris, a suivi personnelle-

ment tous les travaux du Métropolitain, tous les forages, toutes les fouilles, accumulant une documentation considérable.

C'est de cette énorme documentation qu'il nous fait profiter, nous tous, non seulement les géologues, mais les ingénieurs, les architectes, les urbanistes. Tous les Parisiens ont quelque chose à y trouver et il est à craindre que l'ouvrage devienne introuvable en fort peu de temps.

La première partie est consacrée à l'histoire géologique du site parisien, tantôt immergé et tantôt émergé, tantôt chaud avec développement de lagunes à gypse et faune de Marsupiaux, tantôt glacé avec troupeaux de Rennes et de Mammouths.

La Géologie appliquée est l'objet de la seconde partie : carrières et matériaux de construction, travaux publics, hydrogéologie, travaux du Métropolitain. La troisième partie est réservée à la description par arrondissement avec coupes des puits artésiens, des fondations de palais, etc.

Bibliographie et planches hors-texte complètent cet ouvrage qui fait grand honneur à son auteur.

R. FURON.

Les Accélérateurs de particules. Réunions d'Etudes et de Mises au point tenues sous la présidence de M. Louis de Broglie. — 1 vol., 324 pp., Paris, 1950. Editions de la Revue d'Optique théorique et instrumentale. — Prix : 1.600 fr.

M. Louis de Broglie organise tous les ans au mois de mai une série de Réunions d'études et de mises au point sur un sujet de physique moderne considéré comme étant particulièrement d'actualité. Les réunions de 1949 ont été consacrées à l'étude des accélérateurs de particules. Les textes des communications effectuées à ces réunions, rassemblés et publiés par les éditions de la Revue d'Optique, constituent l'ensemble documentaire le plus complet actuellement publié sur la théorie et l'état des réalisations techniques relatifs aux accélérateurs de particules dans les principaux laboratoires de physique atomique et nucléaire du monde n'abritant pas les résultats de leurs recherches par un secret d'Etat plus ou moins illusoire. Les exposés rassemblés dans ce volume ont porté sur les sujets suivants : S. D. Winter : Le générateur électrostatique moderne du type Van de Graaf, J. Bergier de Beauregard : Les accélérateurs de particules système Greinacher, E. Nageotte : Les accélérateurs à champ magnétique, P. Lapostolle : Les accélérateurs linéaires, B. Kwal : Sur les pertes par rayonnement dans les accélérateurs à induction électromagnétique, P. Debraine : Les accélérateurs du type synchrotron, A. Bariaud : Le cyclotron, R. Jonty : Le Betatron, T. Kahon : Les accélérateurs linéaires, principes et réalisations, C. Magnan : Sur les applications des accélérateurs de particules à la physique nucléaire, P. Chanson : Les mésons artificiels.

G. PETIAU.

CUISINE ET VINS DE FRANCE, CONFORT ET BIEN-ÊTRE AU FOYER. — Revue mensuelle illustrée, fondée en 1947 (3, place des Victoires, Paris, 1er) et dont la présentation, précise et attrayante, est bien faite pour charmer les lecteurs de la R. G. S., qui sans le secours d'un bathyscaphe, se donneront (avec le n° de janvier 1954) l'illusion d'être entourés de poissons et de crustacés. Chacun de ces animaux est présenté avec le plus grand soin : on ne se contentera pas de dire que la daurade est le poisson-type à cuire au four, ou encore que l'oursin, étant un échinoderme, est hermaphrodite et pratique l'autoreproduction ! On étale les vraies recettes, celles dont le succès fait triompher la bonne humeur, celles qu'on ne laissera jamais échapper ! Et une note académique monte de ces pages, où la biologie des êtres succulents voisine avec la géographie des vins capiteux, aussi bien qu'avec l'analyse pondérale, tandis que les membres de l'Institut le plus avenant (l'Académie des gastronomes) se profilent dans leur gloire !

Imprimerie Jacques et Demontrond, Besançon. — 3376 - 4-54.
Dépôt légal 2e trimestre 1954 : n° 5481. Le Gérant : R. CONSTANS.



REVUES GÉNÉRALES EN LANGUE FRANÇAISE

ATOMES, n° 94, janvier 1954.

T. REIS : Pétrochimie. — **Dr Nguyen HUN BAN :** Les méthodes artificielles de rajeunissement. — L'exploration de la haute atmosphère par fusées. — **G. STENT :** La multiplication des virus bactériens. — L'électricité et les Poissons.

ATOMES, n° 95, février 1954.

Médecin-Colonel JAULMES : L'hibernation artificielle. — Le polytétrafluoroéthylène va-t-il révolutionner le ski ? — **R. CARNAP :** Qu'est-ce que la Probabilité ? — Vers l'avion de ligne atomique. — **M. MOULIN :** Le caoutchouc butyl. — Usinage par étincelles.

LA NATURE, n° 3225, janvier 1954.

J. PIVETEAU : L'Homme et le Singe de Piltdown. — **R. RIGAL :** Les hyperfréquences. — **P. FOURNIER :** Les Antibiotiques dans l'alimentation animale. — **A. BRETON :** Le niveau moyen de la mer. — **P. WAGRET :** Les Rhodésies. — **J. TERRIEN :** Récepteurs de lumière et de rayonnement. — **J.-C. FILLOUX :** Les processus intellectuels chez les Animaux. — **R. MERLE :** Une curieuse association : le Ver et l'Etoile. — **H. MOREAU :** Une nouvelle définition du mètre.

LA NATURE, n° 3226, février 1954.

H. GUERIN : Le Sel, matière première de l'industrie chimique. — **Y. LE GRAND :** La vision binoculaire. — **J. TERRIEN :** Récepteurs de lumière et de rayonnement II. — **H. DESCHEBES :** Le port du Havre. — **J.-C. FILLOUX :** Les processus intellectuels chez les animaux, II. — **R. MERLE :** Les premiers êtres vivants. Protistes : Protophytes et Protozoaires.

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 20 janvier 1954.

L. LEPRINCE-RINGUET : Mésons lourds et hypérons du rayonnement cosmique. — **M. VAILLANT :** La liaison double en chimie organique. — **M. NEVE de MEVERGNIES :** Les piles atomiques. — **Y. OSHIMA :** Détermination de l'âge des objets archéologiques par le radiocarbone ^{14}C. — **R. HUSSON :** Physiologie de la phonation et phoniatrie. — **J. COLARD :** L'évolution démographique belge et l'optimum de population.

REVUES GÉNÉRALES EN LANGUES ÉTRANGÈRES

EXPERIENTIA, vol. IX, fasc. 12, et vol. X, fasc. 1.

J. O. FLECKENSTEIN : Erdkreisel der Geophysik und Fundamentalsystem der Astronomie.

L. ZECHMEISTER : Some Stereochemical Aspects of Polyenes.